

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

LETÍCIA DA LUZ WOSGRAU

EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E DE
FENÓLICOS DE FARINHA DE FOLHAS E TALOS DE BATATA-DOCE (*Ipomoea*
batatas L. Lam)

PONTA GROSSA

2025

LETICIA DA LUZ WOSGRAU

EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA NA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E DE
FENÓLICOS DE FARINHA DE FOLHAS E TALOS DE BATATA-DOCE
(*Ipomoea batatas* L. Lam)

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos
da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Área
Ciências Agrárias.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Vivian Cristina Ito

PONTA GROSSA

2025

W935 Wosgrau, Letícia da Luz
Efeito da radiação gama na composição centesimal e de fenólicos de
farinha de folhas e talos de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam) / Letícia da
Luz Wosgrau. Ponta Grossa, 2025.
64 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Área de
Concentração: Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de
Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Vivian Cristina Ito.

1. Compostos bioativos. 2. Nutrientes. 3. Modificação física. 4. Irradiação. 5.
Subprodutos. I. Ito, Vivian Cristina. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Ciências e Tecnologia de Alimentos. III.T.

CDD: 664

TERMO DE APROVAÇÃO

LETÍCIA DA LUZ WOSGRAU

“Efeito da radiação gama na composição centesimal e de fenólicos de farinha de folhas e talos de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam)”

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre(a) no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a): Profa. Dra. Vivian Cristina Ito - UEPG-PR

Documento assinado digitalmente
 **VIVIAN CRISTINA ITO**
Data: 14/02/2025 12:06:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 **SUELEN AVILA**
Data: 14/02/2025 13:08:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

ofa. Dra. Vivian Cristina Ito - UEPG-PR - Presidente

Profa. Dra, Suelen Avila Berthier – UFPR-PR – Membro Titular Externo

Documento assinado digitalmente
 **LUIZ GUSTAVO LACERDA**
Data: 14/02/2025 14:43:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luiz Gustavo Lacerda - UEPG-PR – Membro Titular Interno

IVO MOTTIN
DEMIATE:56213840915

Assinado de forma digital por IVO
MOTTIN DEMIATE:56213840915
Dados: 2025.02.14 16:22:26 -03'00'

Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate - UEPG-PR – Membro Titular Interno

Ponta Grossa, 14 de fevereiro de 2025.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por me permitir a graça da vida e da saúde, ser meu amparo em todos os momentos e iluminar meus caminhos;

Aos meus pais, Eliane da Luz Wosgrau e Laércio Wosgrau, que sempre me incentivaram e me apoiaram em tudo que lhes foi possível para seguir com meus estudos, pela educação e pela vida. A minha irmã, Larissa da Luz Wosgrau, que por tantas vezes, ouviu-me e apoiou-me durante esse período;

Ao meu esposo, Eduardo Wons, pelo apoio, companheirismo, amor e exemplo no mercado de trabalho, pois sua determinação e garra são inspiradoras!;

A minha orientadora Prof. Dra. Vivian Cristina Ito, por toda colaboração, suporte, dedicação e ensinamentos. Sua trajetória acadêmica foi uma grande inspiração nessa jornada;

Ao Prof. Dr. Ivo Demiate, que me abriu as portas à pesquisa desde a Iniciação Científica e com toda paciência e dedicação, fez com que eu me encantasse com a vida de laboratório! Ao Prof. Dr. Luiz Gustavo Lacerda, por todos os ensinamentos e conselhos;

À Prof. Dra. Mareci Mendes, que me proporcionou a oportunidade de, pela primeira vez, praticar a docência, fazendo com que isso tornasse um grande desejo para o futuro. À Prof. Dra. Renata Dinnies Santos Salem, que sempre admirei pelo imenso conhecimento, por prontamente aceitar fazer parte de uma das etapas do meu mestrado;

A minha madrinha, Prof. Dra. Rita de Cássia Stadler, que, desde minha infância, incentivou-me à pós graduação e, desde sempre, foi minha grande inspiração na pesquisa e carreira acadêmica.

À Denise, que mais que técnica de laboratório, foi uma profissional de extrema importância e ajuda em todo o projeto, pois, sem seu auxílio, não chegaria até aqui! À colega de pós graduação Isabela Maria Simão Sola, que nunca mediu esforços para me auxiliar antes e durante o período deste estudo; e;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

RESUMO

A crescente demanda por batata-doce e o aumento no consumo global geram grandes volumes de resíduos, como folhas e talos, que são frequentemente descartados. No entanto, essas partes apresentam elevado valor nutricional e funcional, sendo fontes de compostos bioativos, como fenólicos, flavonoides e antioxidantes, que podem prevenir e auxiliar no tratamento de diversas doenças. A irradiação gama tem se mostrado uma alternativa promissora para aumentar a preservação, a segurança microbiológica e a aumento de extração desses compostos, além de ser uma tecnologia sustentável que contribui para a redução do desperdício e a geração de resíduos. Neste estudo, farinhas de folhas e talos de batata-doce foram submetidos a doses de radiação gama (0, 0,5, 1,0 e 1,5 kGy) para avaliar seus efeitos sobre propriedades físico-químicas, microestruturais e bioativas, antes e após o armazenamento de 150 dias. Os resultados revelaram que a composição centesimal apresentou diferenças estatísticas, mas sem variações expressivas entre as amostras. A dose de 0,5 kGy foi eficiente no aumento do teor de compostos fenólicos totais nas folhas e talos, enquanto a dose de 1 kGy destacou-se na estabilidade de flavonoides totais e na atividade antioxidante, medidas por DPPH e FRAP. Ao analisar compostos individuais por CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência), observou-se que 1,5 kGy foi mais eficaz para folhas, enquanto 0,5 kGy apresentou melhores resultados para talos, especialmente no ácido clorogênico e na rutina. As avaliações microestruturais indicaram um aumento de fissuras, poros e partículas menores nas amostras irradiadas. A aplicação de radiação gama mostrou-se uma estratégia eficiente para potencializar os compostos fenólicos e antioxidantes das farinhas de folhas e talos de batata-doce, consolidando-os como ingredientes promissores para o desenvolvimento de produtos alimentícios sustentáveis, com maior valor nutricional e menor impacto ambiental.

Palavras chaves: Compostos bioativos. Nutrientes. Modificação física. Irradiação.

ABSTRACT

The growing demand for sweet potato and the increase in global consumption generate large volumes of waste, such as leaves and stems, which are often discarded. However, these parts have high nutritional and functional value, serving as sources of bioactive compounds such as phenolics, flavonoids, and antioxidants, which can help prevent and treat various diseases. Gamma irradiation has proven to be a promising alternative for enhancing preservation, microbiological safety, and the extraction of these compounds, in addition to being a sustainable technology that contributes to waste reduction and minimizes residue generation. In this study, sweet potato leaf and stem flours were subjected to gamma radiation doses (0, 0.5, 1.0, and 1.5 kGy) to evaluate their effects on physicochemical, microstructural, and bioactive properties, both before and after 150 days of storage. The results revealed that the centesimal composition showed statistical differences but no significant variations between the samples. The 0.5 kGy dose was effective in increasing the total phenolic content in leaves and stems, while the 1 kGy dose stood out for its stability of total flavonoids and antioxidant activity, as measured by DPPH and FRAP. When analyzing individual compounds by HPLC (High-Performance Liquid Chromatography), it was observed that 1.5 kGy was more effective for leaves, while 0.5 kGy yielded better results for stems, especially for chlorogenic acid and rutin. Microstructural evaluations indicated an increase in cracks, pores, and smaller particles in the irradiated samples. The application of gamma radiation proved to be an efficient strategy for enhancing the phenolic and antioxidant compounds in sweet potato leaf and stem flours, establishing them as promising ingredients for the development of sustainable food products with higher nutritional value and lower environmental impact.

Keywords: Bioactive compounds. Nutrients. Physical modification. Irradiation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diferentes cores de polpas de batata-doce.....	16
Figura 2: Radura símbolo internacional para identificar alimentos irradiados.....	23
Figura 3: Fluxograma dos processos realizados nesse estudo.....	25
Figura 4: Fotomicrografias obtidas por MEV (500x) das amostras de farinhas de folhas de batata-doce.....	52
Figura 5: Fotomicrografias obtidas por MEV (500x) das amostras de farinhas de talos de batata-doce.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição centesimal (g/100g), em base seca, das farinhas de folhas de batata-doce submetidos à radiação gama.....	32
Tabela 2: Composição centesimal, em base seca, das farinhas de talos de batata-doce submetidos à radiação gama.....	33
Tabela 3: Teor de compostos fenólicos totais das farinhas de folhas (F) e talos (T) de batata-doce submetidos à radiação gama.....	37
Tabela 4: Teor de flavonóides das farinhas de folhas (F) e talos (T) de batata-doce submetidos à radiação gama, antes e após o armazenamento de 150 dias.....	40
Tabela 5: Compostos fenólicos individuais indentificados nas farinhas de folhas e talos de batata-doce, antes e após 150 dias de armazenamento.....	43
Tabela 6 : Atividade antioxidante das farinhas de folhas e talos de batata-doce submetidos á radiação gama, analisados a partir das análises de DPPH e FRAP, antes e após o armazenamento de 150 dias.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS

AIEA- Agência Internacional de Energia Atômica
ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC- Association of Official Analytical Collaboration
CENA - Centro de Energia Nuclear na Agricultura
CQA- Ácido Cafeoilquínico
CTA- Ciência e Tecnologia de Alimentos
CTE - Equivalentes de catequina
DPPH-2,2-difenil-1-picrilhidrazila
EGCG - Epigallocatequina-3-galato
F- Folhas
FAO - Food and Agriculture Organization
FAOSTAT- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database
FCC - Fator da curva de calibração
FDA - Food and Drug Administration
 Fe^{2+} - Íon ferroso
 Fe^{3+} - Íon férrico
FRAP- Ferric reducing antioxidant power
Gy - Gray
HCl – Ácido clorídrico
HPLC - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
IAEA - International Atomic Energy Agency
IAL – Instituto Adolfo Lutz
IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
kGy – QuiloGrays
LDL - Low Density Lipoproteins
MEV- Microscopia Eletrônica de Varredura
N - Normal
 Na_2CO_3 - Carbonato de sódio
NaOH – Hidróxido de sódio
NMP – Número mais provável
ODS- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS- Organização Mundial de Saúde

ONU- Organização das Nações Unidas

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

T- Talos

TE- Trolox Equivalente

TFC – Compostos flavonóides totais

TPC – Compostos fenólicos totais

TPTZ- 2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina

UEPG- Universidade Estadual de Ponta Grossa

USDA - United States Department of Agriculture

VCB- Valor calórico Bruto

WHO - World Health Organization

^{137}Cs – Radioisótopo Césio 137

^{60}Co – Radioisótopo Cobalto 60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3.1	BATATA-DOCE	15
3.1.1	Histórico de Produção e Consumo.....	15
3.1.2	Raiz.....	15
3.1.3	Folhas e talos.....	17
3.1.3.1	Propriedades nutricionais	17
3.1.3.2	Compostos bioativos	19
3.1.3.3	Benefícios à saúde.....	20
3.2	RADIAÇÃO GAMA EM ALIMENTOS.....	21
4	MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1	MATERIAIS	25
4.2	MÉTODOS	25
4.2.1	Fluxograma	25
4.2.2	Elaboração da farinha das matérias primas	26
4.2.3	Irradiação das amostras.....	26
4.2.4	Análise centesimal das folhas e talos	26
4.2.4.1	Umidade e Cinzas	26
4.2.4.2	Proteínas.....	26
4.2.4.3	Lípidos.....	27
4.2.4.4	Fibra bruta	27
4.2.4.5	Carboidratos + Fração solúvel de fibras	27
4.2.4.6	Valor calórico.....	28
4.2.5	Análise de compostos bioativos.....	28
4.2.5.1	Armazenamento das amostras.....	28
4.2.5.2	Preparação do extrato de farinhas de folhas e talos para análises de compostos fenólicos, flavonoides totais e atividade antioxidante	28
4.2.5.3	Compostos fenólicos totais (TPC)	29
4.2.5.4	Identificação e quantificação dos compostos fenólicos por HPLC	29
4.2.5.5	Flavonoides totais (TFC)	30
4.2.5.6	Atividade antioxidante	30
4.2.5.6.1	<i>FRAP - determinação do poder antioxidante de redução do ferro.....</i>	<i>30</i>
4.2.5.6.2	<i>DPPH – determinação do poder antioxidante pela eliminação do radical livre estável 1,1- difenil-2-picrilhidrazil.....</i>	<i>30</i>
4.2.6	Análise de microscopia de varredura (MEV)	31

4.2.7	Análise estatística.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	32
5.2	DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS	36
5.2.1	Compostos fenólicos totais	36
5.2.2	Flavonóides totais	39
5.2.3	Determinação de compostos individuais por HPLC.....	42
5.2.4	Determinação da atividade antioxidante.....	45
5.3	AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL	50
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), pertencente à família Convolvulaceae, é amplamente cultivada e consumida tanto para a alimentação humana quanto para a animal. Sua produção mundial alcança 91,95 milhões de toneladas por ano, com a China responsável por 55% desse total (FAO, 2023). No Brasil, maior produtor da América Latina, a produção chegou a 847,1 mil toneladas em 2023 (IBGE, 2023), resultado de sua alta adaptabilidade, fácil cultivo e baixo custo (Silva et al., 2008).

Além das raízes, as folhas e talos dessa planta são comestíveis e oferecem alto valor nutricional e funcional, mas frequentemente são descartados ou usados de forma limitada como ração animal (Akoetey, 2017).

O consumo das folhas de batata-doce é especialmente benéfico devido ao seu elevado teor de proteínas, fibras dietéticas, vitaminas (B2, C, E) e minerais essenciais, como ferro e caroteno. Além disso, essas partes contêm compostos bioativos com propriedades antioxidantes, anticancerígenas, antidiabéticas e anti-inflamatórias (Huang et al., 2013).

Os talos, por sua vez, são ricos em fibras, potássio e compostos antioxidantes (Ishida et al., 2000). A alta produtividade da planta e sua tolerância a condições climáticas adversas tornam possível várias colheitas ao ano, com rendimento superior a outras hortaliças de folhas verdes (Mu; Sun, 2019).

O aproveitamento integral da batata-doce está alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU, que visam reduzir o desperdício e promover a sustentabilidade. Nesse contexto, a utilização de folhas e talos como ingredientes na indústria alimentícia representa uma estratégia sustentável para transformar resíduos em recursos valiosos (Makori et al., 2020; Nkongho et al., 2014).

Para garantir a preservação das propriedades nutricionais, bem como dos compostos fenólicos e antioxidantes desses subprodutos, a tecnologia de irradiação se apresenta como uma solução eficiente. Trata-se de um processo físico que utiliza radiação ionizante, geralmente raios gama do radioisótopo Cobalto 60, para prolongar a vida útil dos alimentos, inativar microrganismos e insetos, reduzir perdas pós-colheita e melhorar a bioatividade dos compostos presentes (Ito et al., 2016; Tezotto-Uliana et al., 2015). Estudos indicam que a irradiação pode aumentar a concentração de compostos bioativos e a atividade antioxidante em diversos alimentos, como folhas de cúrcuma (Taheri et al., 2014) e alecrim (Pérez; Calderón; Croci, 2007).

Pesquisas recentes reforçam os benefícios desse tratamento em diferentes matrizes alimentares, como a farinha de bagaço de maçã e de arroz negro, demonstrando maior estabilidade microbiológica e preservação de compostos bioativos durante o armazenamento (Ito et *al.*, 2016; Ito et *al.*, 2019). Assim, a aplicação da radiação gama em folhas e talos de batata-doce não só contribui para a conservação e funcionalidade, mas também favorece o desenvolvimento de novos produtos alimentícios sustentáveis.

Diante desse cenário, o objetivo deste estudo é avaliar o efeito da radiação gama, em doses de 0,5, 1,0 e 1,5 kGy, na composição centesimal e de fenólicos em farinha de folhas e talos de batata-doce em farinhas de folhas e talos de batata-doce, tanto imediatamente após o tratamento quanto após o armazenamento de 150 dias.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da radiação gama na composição centesimal e de compostos fenólicos em farinha de folhas e talos de, antes e após um armazenamento de 150 dias.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a composição centesimal das farinhas de folhas e talos de batata-doce antes e após a irradiação;
- Quantificar os teores de compostos fenólicos antes e após a irradiação e o armazenamento;
- Analisar a atividade antioxidante das farinhas irradiadas e não irradiadas antes e após 150 dias de estocagem;
- Avaliar a microestrutura das farinhas de folhas e dos talos de batata-doce, por meio de microscopia eletrônica de varredura após o processo da irradiação.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 BATATA-DOCE

3.1.1 Histórico de Produção e Consumo

Esta planta tuberosa é originária da América Central e do Sul e, com base em estudos realizados e análises de amostras de batatas secas encontradas no Peru, pesquisadores notabilizam sua existência e consumo há mais de dez mil anos. Outras evidências, que confirmam essa teoria, também foram encontradas em uma região ocupada pela população Maia, localizada na América Central (Miranda et al., 1984).

A produção mundial de batata-doce ao ano é de 91,95 milhões de toneladas no mundo, sendo a China responsável pela produção de 51,32 milhões de toneladas, ou seja, mais de 55% da produção mundial. No quesito continental, a Ásia está classificada em primeiro lugar na referida produção, com 66% , seguida pela África, com 28,3%, e pelas Américas com 4,6% (FAO, 2023).

Em relação à produção brasileira, o Brasil é o maior produtor da América Latina, responsável pela produção de 847,1 mil toneladas, atingindo uma produtividade de 14,5 toneladas por hectare (IGBE, 2023). Essa elevada produtividade é devido a sua versatilidade de produção, sendo uma raiz tuberosa de alta adaptação ao solo e clima, além de fácil cultivo e baixo custo (Silva et al., 2008).

3.1.2 Raiz

A batata-doce, cujo nome científico é *Ipomoea batatas* L. Lam, é uma raiz tuberosa pertencente à família Convolvulaceae, sendo utilizada tanto para a alimentação humana quanto para a animal.

As cultivares existentes da batata-doce variam, principalmente, nas cores da casca e da polpa, podendo ser branca, roxa, rosada e alaranjadas. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, no Brasil, estão registradas 24 cultivares, sendo estas as variedades mais comercializadas no Brasil: a Rosada (86%), a Branca (10%), a Alaranjada (2,5%) e a Roxa (1,2%) (MAPA, 2013).

Salienta-se que a cor da variedade muda de acordo com os níveis de compostos bioativos presentes em sua composição (Figura 1), por exemplo: polpas mais claras indicam

níveis mais elevados de compostos fenólicos, já as variedades de polpas roxas apresentam níveis elevados de antocianinas. Quando a polpa possui coloração alaranjada ou amarelo mais intenso, aponta uma alta quantidade de carotenoides, principalmente β -caroteno e ácidos fenólicos (Laveriano-Santos, 2022).

Figura 1: Diferentes cores de polpas de batata-doce.



(UNIMED. “Multicolorida: Conheça os benefícios da batata-doce”, 2022 - Disponível em: <<https://www.unimed.coop.br/viver-bem/alimentacao/multicolorida-conheca-os-beneficios-da-batata-doce>>. Acesso em: 15 out. 2024)

Considerando o quesito nutricional, macronutrientes como amido, fibras e proteínas são altamente encontrados na composição dessa planta, bem como uma extensa gama de micronutrientes, como minerais (manganês, cobre, potássio e ferro), vitaminas (principalmente do complexo B, C e E) e compostos bioativos e fitoquímicos benéficos à saúde (Bovell-Benjamin, 2007).

Devido aos seus metabólitos bioativos, esse tubérculo chama a atenção da indústria também pelos benefícios que esses trazem à saúde do consumidor. Ao se comparar com outras raízes e tubérculos, a batata-doce também conta com o maior teor de carboidratos, proteínas, algumas vitaminas e minerais (Parveen et al., 2020).

Em seu estudo, realizado em 2008, Roesler et al., revelam também sua utilização, envolvendo tanto a culinária doméstica quanto a produção de outros produtos em escala industrial, podendo ser matéria prima para doces, farinhas, flocos e féculas. Essa raiz tuberosa possui um grande potencial para aplicação industrial, devido à elevada quantidade de fécula em sua composição, porém, no Brasil, essa aplicação ainda é limitada.

Em contrapartida, Jena e Kar (2019) elucidaram que, devido ao alto teor de carboidratos e valor calórico elevado, a tuberosa tem sido utilizada como alimento subsidiário,

mas também na alimentação animal e como base de matéria prima em diversos setores industriais, como por exemplo: indústrias produtoras de amido, glicose líquida, glutamato monossódico e etanol.

3.1.3 Folhas e talos

Consideradas um subproduto de alto valor nutricional e funcional, as folhas de batata do localizam-se à parte acima do solo da planta, que, em sua maioria, são descartadas durante a colheita, ou utilizadas, em sua minúscula escala, como ração animal (Akoetey, 2017).

A colheita de folhas e talos de batata-doce para consumo é realizada durante a fase vegetativa da planta, geralmente entre 40 a 60 dias após o plantio, quando as folhas ainda são jovens e tenras. A colheita pode ser feita manualmente, utilizando tesouras de poda ou facas afiadas, ou mecanicamente, em grandes produções, com equipamentos específicos para cortar as partes aéreas da planta. Durante o processo, é essencial selecionar apenas as folhas saudáveis, livres de pragas e doenças, e evitar danos às raízes tuberosas da batata-doce, que ainda podem estar em desenvolvimento para produção de raízes (Souza, 2020; Salasar et al., 2019).

Ao avaliar o quesito produção, as folhas de batata-doce levam como vantagem a possibilidade de várias colheitas ao ano, bem como um altíssimo rendimento, comparado com outros vegetais de folhas verdes. Também podem ser consideradas mais resistentes à pragas, doenças e condições adversas de plantio, podendo se tornar, assim, um bom substituto para vegetais mais sensíveis (Tang et al., 2021).

O rendimento das folhas de batata-doce em comparação com as raízes pode variar conforme fatores como a cultivar, as práticas de manejo agrícola, as condições climáticas e o tempo de colheita. De maneira geral, a proporção entre a biomassa das folhas e das raízes costuma ser de aproximadamente 1:3 a 1:5, o que significa que, para cada 1 kg de folhas, a produção de raízes pode variar entre 3 a 5 kg (Moraes et al., 2016).

3.1.3.1 Propriedades nutricionais

Segundo Maluf (2003), as folhas de batata-doce, em quesitos nutricionais, podem ser comparadas com as folhas de mandioca, porém, com o benefício da ausência de cianogênicos, não necessitando, assim, de desintoxicação antes do consumo. Maluf (2003) também ressalta

sobre o teor proteico, que é próximo ao do feijão, uma fonte de proteína utilizada por grande parte da população brasileira.

Em estudo realizado por Hong et *al.* (2020), treze variedades de folhas de batata-doce foram avaliadas em quesitos nutricionais, gerando resultados referentes à proteína bruta, à fibra bruta, aos lipídeos, aos carboidratos, à energia, à macro e micronutrientes.

Os supracitados autores concluíram que grande parte das amostras avaliadas foram boas fontes de proteínas, carboidratos e fibras, podendo ser utilizados em populações mais vulneráveis. Outro benefício, também elencado por eles, foi a presença significativa de potássio, fósforo, cálcio, ferro e sódio, podendo ser consideradas fontes efetivas desses minerais.

Em estudos realizados por Islam (2014), foi analisada uma cultivar desenvolvida recentemente ('Suioh'), a qual apresentou um teor de minerais muito considerável. Foram determinados cerca de 117 mg de cálcio, 1,8 mg de ferro, 3,5 mg de Caroteno, 7,2 mg de vitamina C, 1,6 mg de vitamina E e 0,56 mg de Vitamina K para cada 100g de folhas. O mesmo autor também elucidou que as folhas são ricas em vitamina do complexo B, zinco, proteína e também vitaminas, fator que pode compará-las, nutricionalmente, a outros vegetais folhosos, como o espinafre.

Suárez et *al.*, (2020) determinaram as propriedades nutricionais de folhas de batata-doce, colhidas em diferentes períodos, na China. Nesse estudo, os autores encontraram resultados significativamente bons em relação às folhas, como a alto valor proteico, com alto teor de aminoácidos, grande quantidade fibras dietéticas solúveis, bem como vitaminas e minerais, com destaque em sódio, fósforo, ferro, cálcio e vitaminas C, E e B2.

Resultados semelhantes foram encontrados por Hong et *al.* (2020), evidenciando, dessa forma, que as folhas são ótimas opções para se incluir na alimentação humana, devido a seus altos teores de proteínas, fibras, vitaminas e minerais.

Em relação aos talos, Ishida et *al.* (2000) fizeram um estudo sobre esses, o qual demonstrou que essa parte da planta contempla o maior teor de fibras em sua composição, além do mineral cálcio. Esses autores também concluíram que a composição desses talos pode ser comparada com a de alguns vegetais e hortaliças tradicionalmente consumidos.

3.1.3.2 Compostos bioativos

De acordo com Queiroz (2012), os compostos bioativos são compostos benéficos à saúde, com ação metabólica ou fisiológica específica. Possuem ação antioxidante, bloqueadoras de toxinas patológicas, ativadoras de enzimas ou inibidoras de colesterol, por exemplo. Chaves (2015) elencou esses compostos como: carboidratos não digeríveis (fibras solúvel e insolúvel), antioxidantes (polifenóis, carotenoides, tocoferóis, tocotrienóis, fitoesteróis, isoflavonas, compostos organossulfurados), esteroides vegetais e fitoestrógenos.

Em estudo realizado por Truong et al (2007), foi detectado que o maior teor de polifenóis está contido na folha da batata-doce, sendo de oito à dezoito vezes maior que no restante da tuberosa (casca, raízes inteiras e polpa).

Levando-se em consideração a pesquisa de Sun et al. (2014), na qual foram analisados 40 cultivares de batatas-doce, os teores de polifenóis presentes nas folhas variaram de 2,73% à 12,46% do peso seco, valor que supera de duas a três vezes os teores de vegetais comuns, como espinafre e couve.

No campo farmacêutico, esses polifenóis provenientes da batata-doce também já foram estudados por Huang et al. (2013). Nesse foram reveladas inúmeras atividades biológicas promotoras da saúde, provenientes das atividades antioxidantes, anticancerígena, anticarcinogênica, antimutagênica, antidiabética, anti-hipertensiva e anti-inflamatória.

Em pesquisa realizada por Makori et al. (2020), observaram-se teores significativos de atividade antioxidante em folhas de batata-doce. Para essa determinação, utilizaram os métodos de DPPH, ABTS e FRAP, os quais resultaram, considerando base seca em variações de 2.580 a 2.920 mg AAE/100 g, 3.950–5.300 mg AAE/100 g e 440–550 mg TE/100 g, respectivamente.

No mesmo ano, Suarez et al. (2020) relataram, também em base seca 7.400 mg AAE/100g, 10.60 mg AAE/100 g e 617 mg TE/100g para DPPH, ABTS e FRAP, respectivamente. A diferença entre os resultados explica-se devido à diferença de variedades utilizadas nos estudos.

De acordo com Wang et al. (2016), o conteúdo de polifenóis totais e carboidratos está associado diretamente à eliminação desses radicais livres, fato que sugere o envolvimento de hidratos de carbono na prevenção da oxidação de polifenóis.

Os antioxidantes citados, assim como vários outros compostos presentes neste grupo, são considerados compostos bioativos, que possuem capacidade de combater os efeitos negativos dos radicais livres, podendo assim, prevenir e controlar doenças.

3.1.3.3 Benefícios à saúde

De acordo com os autores Makori et al. (2020), Suarez et al. (2020) e Sun et al. (2014), as folhas de batata-doce possuem uma alta capacidade de eliminar radicais livres, em diferentes graus, de acordo com suas variedades. Essas, também, são consideradas necrófagos para espécies reativas de oxigênio dentro das células, sendo assim, fontes de moléculas antioxidantes.

A capacidade de diminuir a hiperglicemia também é um fator que vem sendo estudado, sugerindo a eficiência do extrato da folha no controle de níveis de açúcar no sangue, bem como a resistência à insulina. Olowu et al. (2011) e Nagamine et al. (2014) realizaram experimentos *in vivo* em ratos diabéticos, e obtiveram resultados significativamente positivos em parâmetros hiperglicêmicos.

De acordo com Luo et al. (2021) e Zengin et al. (2017), as propriedades antidiabéticas das folhas podem estar relacionadas com a presença de fitoquímicos em sua composição, por exemplo, ácidos fenólicos, antocianinas, flavonóides, entre outros. Outro fator elucidado pelos autores foi a inibição das enzimas α -amilase e α -glucosidase, o que evita a quebra de amido e oligossacarídeos, e, conseqüentemente, a formação de monossacarídeos, responsáveis pelo aumento de açúcar na corrente sanguínea.

Um potencial antiobesidade também já foi relatado, por Kurata et al. (2017), em um estudo *in vivo* com ratos alimentados com uma dieta rica em gordura. Parte desses roedores eram alimentados apenas com alimentos com alto teor lipídico, enquanto outra parte desses foi também suplementada com extratos de folhas de batatas-doce. Os autores verificaram que o ganho de peso, bem como de tecido adiposo e aumento do perfil lipídico do sangue, foi muito menor nos ratos que receberam a suplementação do extrato.

A capacidade antiinflamatória pode ser relacionada com o alto teor de ácidos fenólicos, antocianinas e flavonóides presentes em extratos de folhas de batata-doce (Zengin et al., 2017). A alta concentração de minerais e vitaminas, como manganês, fósforo, magnésio e vitaminas A e E, pode ser considerada promissora para o efeito imunoregulador do organismo, importante no combate de doenças (Allan, 2021)

O efeito cardioprotetor das folhas de batata-doce foi estudado por Nagai et al. (2011), que concluíram que o extrato das folhas possui a capacidade de suprimir a oxidação de proteínas de baixa densidade. Esse comportamento está relacionado à função antioxidante dos fitoquímicos presentes.

Outro fator que atua de forma benéfica na redução de riscos de doença arterial coronariana é a alta concentração de antocianina, bem como de potássio, responsável pela preservação do equilíbrio de fluídos e da boa pressão arterial (Wang *et al.*, 2016; Mohanraj, 2018).

Apesar da necessidade de mais estudos, alguns autores já pontuaram sobre o efeito inibitório de desenvolvimento e proliferação de células cancerígenas, que o extrato de folha de batata-doce, potencialmente, possui. Essa propriedade pode ser associada aos derivados de CQA (ácido cafeoilquínico), presentes em grande escala na composição da folha (Nguyen *et al.*, 2021).

3.2 RADIAÇÃO GAMA EM ALIMENTOS

A irradiação diz respeito ao processo físico que consiste na emissão e propagação de energia em um determinado material, com objetivos pré-estabelecidos. Essa, possui o potencial de remoção dos elétrons de suas órbitas em átomos ou moléculas (CNEN, 2024).

Para tal, ocorre a excitação ou ionização de moléculas de ácido nucléico, o que acarreta mudanças biológicas, podendo levar à morte celular, no caso do objetivo de eliminação de microrganismos (Ito *et al.*, 2016)

Outro efeito é gerado nos radicais livres da molécula, que interage com constituintes do material biológico do produto submetido ao processo, tal qual é denominado radiólise, processo de interação da irradiação com as moléculas de água presentes (Fanaro, 2013).

O processo de radiação ionizante já está inserido na indústria há décadas, sendo em 1905 a primeira proposta documentada para uso alimentício, por Appleby e Banks (CENA/USP, 2014). Agências oficiais, incluindo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) comprovam a segurança e eficácia da radiação gama em produtos alimentícios.

A radiação gama na indústria alimentícia consiste em uma tecnologia nuclear ambientalmente amigável e segura, e vem sendo utilizada a fim de substituir modificações químicas e enzimáticas, com o intuito de melhorar a segurança dos alimentos (Pereira *et al.*, 2014). Nesse processo, o alimento é submetido a minuciosas doses controladas de radiações ionizantes (raios gama), provenientes do Cobalto 60, utilizado devido à sua alta penetrabilidade, fornecendo, assim, um tratamento uniforme, ou Césio 135 (Ito *et al.*, 2018).

De acordo com a comissão de conjunto de padrões alimentares Codex Alimentarius Commissium (2014), a energia pode chegar até 1,33 MeV para a radiação com ^{60}Co , e até 0,662 MeV para o ^{137}Cs . Esses valores foram determinados para que sejam produzidos efeitos desejados nos alimentos, sem a indução à radioatividade, mantendo assim o produto não nocivo à saúde. O material a ser irradiado e o objetivo a ser atingido devem ser levados em consideração na escolha da fonte do radioisótopo (Farkas; Mohácsi-Farkas, 2011; Fanaro, 2013).

Em relação aos efeitos promovidos por esse processamento, podem ser citadas a redução ou a esterilização da carga microbiana, a fim de aumentar a vida útil dos produtos, bem como os efeitos positivos em compostos bioativos com potencial antioxidante. Este já foi elucidado por diversos autores, em produtos como soja (Dixit *et al.*, 2010), arroz integral (Shao *et al.*, 2013) e cogumelo (Khan *et al.*, 2015).

Em um estudo realizado em 2011 por Behgar *et al.*, observou-se que o efeito da radiação na extração de compostos fenólicos totais é benéfica e eficiente devido ao rompimento de ligações químicas desses, liberando, inclusive, compostos fenólicos solúveis de baixo peso molecular, os quais não seriam extraídos por processos convencionais.

Os efeitos da irradiação relacionados aos níveis de compostos bioativos dependerá da dose aplicada, da sensibilidade de cada fitoquímico e da especificidade do produto. Contudo, apesar de esses fatores serem de extrema importância, outro ponto que deve ser levado em consideração é o solvente utilizado para a extração, o qual possui uma significativa influência em todo processo (Huang; Mau, 2013).

Ao considerar o fator de aumento de vida de prateleira, Mondanez (2012) elucidou sobre o beneficiamento da distribuição e comercialização dos alimentos, sendo útil para: eliminação de parasitas e microrganismos patogênicos deteriorantes para os alimentos, retardo do processo de germinação em bulbos e tubérculos, bem como da maturação em grãos, cereais, frutas, legumes, ervas e especiarias, e por fim, a esterilização de insetos.

A tecnologia de radiação ionizante aplicada em alimentos é autorizada legalmente, por mais de 60 países, sendo a China o maior usuário, com aplicação em alho, especiarias, frutas legumes, carnes e outros vegetais secos (IAEA, 2014).

No Brasil, a legislação vigente que aprova o uso de radiação ionizante é a Resolução da Diretoria Colegiada nº 21 (RDC nº 21), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), seguindo as recomendações internacionais sugeridas pela Food and Agriculture Organization (FAO), pela International Atomic Energy Agency (IAEA) e pelo Codex

Alimentarius. Porém para tal processo, determinam-se algumas condições a serem seguidas, como:

- Considerar a dose mínima para alcançar o objetivo determinado;
- Não permitir que a dose máxima comprometa propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento;
- A embalagem deve ter condições higiênicas aceitáveis para o processo de irradiação;
- Constar no rótulo a informação “ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO”; e,
- Ao se utilizar um produto irradiado como ingrediente, no rótulo deverá conter o símbolo internacional chamado Radura (Figura 2).

Figura 2: Radura: símbolo internacional para identificar alimentos irradiados.



Ao ponderar as doses a serem aplicadas, deve-se levar em consideração que as características sensoriais não sejam comprometidas, sendo que essas variam de acordo com o objetivo almejado, e são medidas em Gray (Gy) ou QuiloGrays (kGy) (1Gy = 1 Joule de energia por kg de alimento irradiado).

São consideradas baixas as doses menores que 1 kGy, médias entre 1 kGy a 10 kGy e, elevadas, as maiores que 10 kGy. De acordo com os órgãos de segurança alimentar (FAO, IAEA e OMS), teores menores ou iguais a 10 kGy garantem a ausência de riscos à saúde, sejam eles nutricionais, toxicológicos ou microbiológicos.

Durante o processo de irradiação, ocorre a radiólise, um fenômeno caracterizado pela quebra das moléculas, como a água, devido à interação com radiações ionizantes. Esse processo resulta na geração de espécies altamente reativas, como radicais livres, que podem interagir com os componentes dos alimentos, promovendo alterações tanto de natureza química quanto sensorial (Silva; Pereira, 2024).

Com o intuito de mitigar esses efeitos adversos e preservar a qualidade dos alimentos, diversas abordagens são adotadas. Entre essas, destacam-se o controle rigoroso da dose de radiação, a execução do processo em condições controladas, como o uso de atmosferas

modificadas para diminuir a presença de oxigênio, e a escolha de alimentos com baixa atividade de água, uma vez que a água é o principal substrato da radiólise. Além disso, o armazenamento refrigerado dos alimentos após a irradiação contribui para a limitação das reações secundárias, garantindo que a tecnologia atenda aos padrões de segurança alimentar e preserve a aceitabilidade dos consumidores (Ferreira; Lima, 2024).

Embora já seja comprovada sua atoxicidade, segurança e eficácia, essa ainda é uma tecnologia que leva a interpretações equivocadas. Muitos consumidores relacionam a radiação com algumas tragédias causadas pela energia nuclear, como as bombas de Hiroshima e Nagasaki, na II Guerra Mundial, o acidente de Chernobyl e o desastre com o Césio 137, em Goiânia, bem como a relação equivocada das palavras irradiação e radioatividade (Ito, 2016).

Para que haja uma maior aceitação, é necessário um maior número de informações para os consumidores finais, para que tenham maior credibilidade e confiança no processo. Segundo Mondanez (2012), após esclarecidos sobre o que é, para que serve e quais seus benefícios, muitos consumidores passarão a aceitar melhor a irradiação em alimentos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

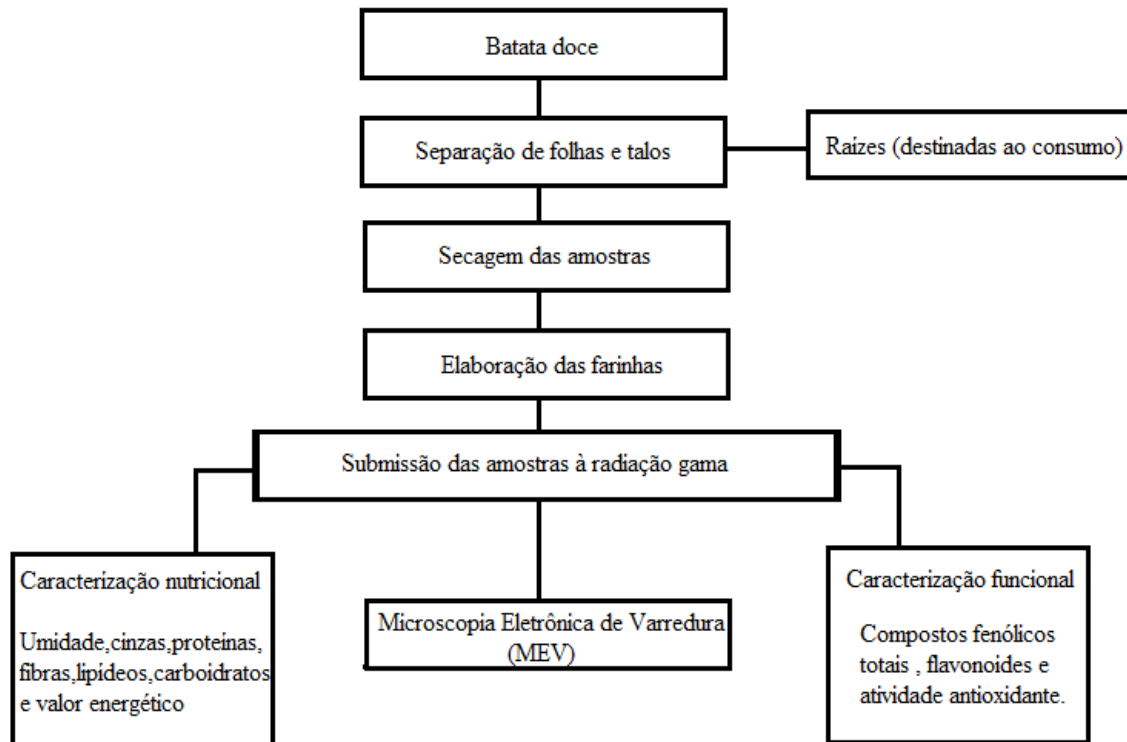
Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizados folhas e talos da batata-doce de polpa e casca brancas (variedade BRS Cuia), doados por um produtor local de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. As análises foram realizadas nos laboratórios do Centro de Tecnologia Agroalimentar (CTA) da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG).

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Fluxograma

Segue abaixo o fluxograma do processamento das matérias primas.

Figura 3: Fluxograma dos processos realizados nesse estudo.



4.2.2 Elaboração da farinha das matérias primas

As folhas e os talos de batatas-doce foram previamente lavados e higienizados com Hipoclorito de sódio (100 ppm) por 15 min, com posterior enxágue. Após, foram deixadas em estufa por 45 °C, durante 72 h (ABERC, 2009).

Depois de secas, as folhas e talos foram triturados e peneirados em 20 mesh, para padronizar o tamanho das partículas, e, então, armazenados em dessecador para posteriores análises.

4.2.3 Irradiação das amostras

A radiação das amostras foi realizada nas doses de 0, 0.5, 1.0 e 1.5 kGy, utilizando-se o Cobalto 60 (Gammacell Excell 220 - MDS Nordion) como fonte (ITO et al., 2017). Essa etapa foi realizada no Centro de Energia Nuclear de Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA / USP).

4.2.4 Análise centesimal das folhas e talos

Todas as análises de composição descritas abaixo foram realizadas em triplicata, e as metodologias estão de acordo com o descrito em Official Methods of Analysis of AOAC International (AOAC, 2005).

4.2.4.1 Umidade e Cinzas

A umidade foi determinada com 5 g de amostras pesadas em cadinhos de porcelana já tratados, em estufa a 105 °C até peso constante. Após, a quantificação de cinzas foi dada por incineração de 5 g de amostra, as quais foram pesadas em cadinhos de porcelana e posteriormente submetidas a uma temperatura de 550 °C durante 6 horas.

4.2.4.2 Proteínas

O método de Kjeldahl foi utilizado para determinação de proteínas. As amostras foram digeridas e então destiladas, com posterior titulação para a obtenção do teor de Nitrogênio

(Equação 1). Para determinar o teor proteico, a quantidade de nitrogênio foi multiplicada pelo fator 6,25 (Equação 2).

$$\% N = \left[\frac{(V \times N \times f \times 1,4)}{(P_{am})} \right] * 100 \quad (1)$$

$$\% Proteínas = \% N \times 6,25 \quad (2)$$

Onde:

% N= Teor de Nitrogênio
 V = volume de HCl gasto na titulação;
 N = normalidade do HCl;
 f = fator de correção do HCl;
 Pam = peso de amostra adicionado

4.2.4.3 Lípidios

Para calcular o teor lipídico das amostras, empregou-se o sistema de refluxo de Soxhlet por 6 horas, utilizando o solvente hexano para a extração. Após esse processo, os balões com os lipídeos extraídos, foram submetidos à estufa a 105 °C por 12 h, sendo, posteriormente, pesados.

4.2.4.4 Fibra bruta

A análise do teor de fibra bruta foi conduzida seguindo o protocolo estabelecido no Manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O procedimento consistiu em uma etapa de digestão química utilizando soluções de H₂SO₄ a uma concentração de 0,255 mol L⁻¹ e de NaOH a 0,313 mol L⁻¹, realizadas no equipamento Digestor de Fibras Marconi (modelo MA-444/Cl – Piracicaba/SP). Após a digestão, obteve-se um resíduo sólido orgânico, que corresponde à fração de fibra bruta presente no material analisado.

4.2.4.5 Carboidratos + Fração solúvel de fibras

É pela subtração dos valores de umidade, cinzas, proteína, lipídios e fibra bruta que foi obtido o teor de carboidratos presente nas amostras (Equação 3).

$$\text{Carboidratos} = 100 - (U + Cz + P + L + Fb) \quad (3)$$

Onde: U= umidade
Cz= cinzas
P= proteínas
L= lipídeos
Fb= fibra bruta

4.2.4.6 Valor calórico

Por fim, o valor calórico bruto (VCB) das folhas e dos caules foi obtido por meio de cálculos (Equação 4), utilizando-se os fatores de conversão de 4 kcal para cada grama de carboidrato e proteína, além de 9 kcal para cada grama de lipídios.

$$VCB = (4 * P) + (4 * C) + (9 * L) \quad (4)$$

Onde : VCB: valor calórico bruto
P: teor de proteínas
C: teor de carboidratos
L: teor de lipídeos

4.2.5 Análise de compostos bioativos

4.2.5.1 Armazenamento das amostras

Depois de irradiadas, as análises do tempo 0 foram realizadas conforme descrito nas metodologias abaixo e, então, armazenadas em embalagens plásticas herméticas, em dessecador, à temperatura ambiente (25°C) e na ausência de luminosidade. Ao completar o período de 150 dias, todas as análises foram realizadas novamente.

4.2.5.2 Preparação do extrato de farinhas de folhas e talos para análises de compostos fenólicos, flavonoides totais e atividade antioxidante

Para a extração, foram pesados 1g de amostra e homogeneizados em 10 mL de etanol 70%. Esta solução foi incubada durante 20 min sob sonicação, processo que foi feito duas vezes. Logo após, a solução foi centrifugada a 4.500×g durante 10 min, e o sobrenadante foi

separado e armazenado em refrigeração para posteriores análises (Krochmal-Marczak *et al.*, 2020)

4.2.5.3 Compostos fenólicos totais (TPC)

O método de Singleton e Rossi (1965) foi utilizado para determinação de compostos fenólicos totais. Para isso, 50 µL de amostra foram adicionadas em 4,2 mL de água, juntamente com 250 µL de reagente de Folin-Ciocalteu 0,2 N. A solução foi submetida a três minutos de descanso, e, então, 500 µL de Na₂CO₃ 1 N foram adicionados. Os tubos permaneceram no escuro por uma hora e a leitura em microplaca foi realizada no comprimento de onda de 765 nm.

A curva padrão foi elaborada utilizando-se ácido cafeico como padrão, e um intervalo de concentração de 20 mg/L à 160 mg/L ($y = 5E^{-04}x - 1,3E^{-03}$; $R^2 = 0,981$).

4.2.5.4 Identificação e quantificação dos compostos fenólicos por HPLC

A cromatografia líquida de alta eficiência foi utilizada para a quantificação dos compostos fenólicos individuais. Para tal, foi utilizado cromatógrafo (2695 Alliance, Waters, EUA) equipado com bomba quaternária, injetor automático de amostras e detector de arranjo de diodos PDA 2998 (Waters, EUA). Para a separação, uma coluna Symmetry C18 (4,6 x 150 mm, 3,5 µm) foi utilizada, em uma temperatura de 20 °C.

Ácido acético 2,5% (v/v; solvente A) e acetonitrila (solvente B) foram os solventes aplicados na fase móvel, seguindo o seguinte gradiente: 3-9% de B (0-5 min), 9-16% de B (5-15 minutos), 16-36,4% de B (15-33 minutos), seguido de uma eluição isocrática a 100% de B (5 minutos) e condicionamento da coluna (3% de B, 10 minutos).

No que se trata do fluxo, utilizou-se 1,0 mL/min. Curvas de calibração foram construídas por meio dos padrões ácido cafeico, ácido clorogênico e rutina (SIGMA), para a quantificação desses.

Os extratos foram filtrados em filtro seringa (0,22 µm de nylon) antes das análises e o volume de injeção utilizado foi de 10 µL. O tempo de corrida foi de 60 minutos, e a temperatura da coluna foi de 20°C. Os compostos fenólicos foram identificados comparando o tempo de retenção com os espectros dos padrões e as corridas monitoradas em comprimentos de onda de acordo com o composto a ser analisado (Alberti *et al.*, 2014).

4.2.5.5 Flavonoides totais (TFC)

A metodologia descrita por Zhishen e Mengchenge Jianming (1999) foi utilizada para a determinação de flavonóides totais. Foram adicionados 250 µL de amostra em tubo de ensaio, 2 mL de água seguida de agitação e repouso por 5 min. Após esse tempo, foram adicionados 800 µL de NaOH 1 mol/L. Essa solução foi transferida para microplaca, na qual foi feita a leitura no comprimento de onda de 510 nm.

A curva de calibração foi elaborada utilizando a catequina (CAT) como padrão e um intervalo de concentração de 20 mg/L à 200 mg/ ($y = 2,2E^{-03}x - 2,08E^{-02}$; $R^2 = 0,996$).

4.2.5.6 Atividade antioxidante

4.2.5.6.1 FRAP - determinação do poder antioxidante de redução do ferro

Para determinar o poder antioxidante da redução do ferro, a metodologia descrita em Benzie e Strain (1996) foi empregada.

Em microplaca foram adicionados, em cada poço, 10 µL de amostra e 290 µL do reagente FRAP, seguido de repouso de 30 min no escuro. Posteriormente, as microplacas foram levadas para leitura em absorbância a 593 nm. Os resultados foram proporcionais à curva de calibração, utilizando-se o padrão Trolox e um intervalo de concentração de 100 à 1000 µmol/L (µmol TE/g) ($y = 1,1E^{-03}x + 2,1E^{-03}$; $R^2 = 0,996$).

4.2.5.6.2 DPPH – determinação do poder antioxidante pela eliminação do radical livre estável 1,1-difenil-2-picrilhidrazil

O método DPPH foi utilizado para determinação da capacidade de captura dos radicais livres, de acordo com o método descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Em um tubo de ensaio foram adicionados 50 µL de amostra, juntamente com 1,9 mL de uma solução de DPPH (2,2difenil-1-picril-hidrazil), permanecendo essa em repouso no escuro por 30 min.

O comprimento de onda de 517 nm foi utilizado para leitura em microplaca. A curva padrão foi construída com o padrão Trolox (TE) e um intervalo de concentração de 50 à 500 µmol/L ($y = 0,0481x + 1,4825$; $R^2 = 0,985$).

4.2.6 Análise de microscopia de varredura (MEV)

Para o preparo das amostras, essas foram fixadas em recipientes específicos e posteriormente cobertas por uma fina camada de ouro, durante cinco minutos à vácuo, por meio de metalização em câmara metalizadora MIRA 3 (Tescan, República Checa).

A coleta de dados das amostras, após preparadas, foi realizada a partir do microscópio eletrônico de varredura SHIMADZU – SSX 551, com ampliação de 500x vezes (Lazzarotto et al., 2017).

4.2.7 Análise estatística

Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software STATISTICA, versão 13.2 (Statsoft, Tulsa OK, EUA). Os dados foram apresentados como média e desvio padrão.

Para determinação de diferenças entre as amostras, a análise de variância (ANOVA) foi aplicada, considerando-se o nível de significância de 95% ($p \leq 0,05$), seguido do teste de Tukey.

A correlação de Pearson foi utilizada para avaliar a relação linear entre o teor de compostos fenólicos totais (TPC), flavonoides totais (TFC), e as capacidades antioxidantes DPPH e FRAP. O coeficiente de correlação (r) foi calculado para cada par de variáveis, variando de -1 (correlação negativa perfeita) a +1 (correlação positiva perfeita), com valores próximos de 0 indicando ausência de correlação linear. Os resultados foram apresentados em uma matriz de correlação para facilitar a interpretação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

A radiação na dose de 1,5 kGy na farinha de folhas de batata-doce, alterou significativamente a composição centesimal das folhas de batata-doce, aumentando o conteúdo de minerais e proteínas, mas reduzindo o conteúdo de lipídios. Já o controle, sem radiação, favoreceu o acúmulo de fibras.

A aplicação de radiação resultou em uma diminuição no conteúdo de cinzas e proteínas na farinha de talo de batata-doce, enquanto as doses de 0,5 a 1,5 kGy também causaram redução no conteúdo de lipídios. A radiação pode induzir alterações na estrutura de compostos sensíveis, como proteínas e lipídios, afetando sua estabilidade e integridade (Moura *et al.*, 2020)

A ausência de radiação, por outro lado, pode favorecer a preservação desses compostos em sua forma original, o que pode ser vantajoso dependendo do objetivo da aplicação, principalmente quando se busca manter a composição nutricional ou a qualidade dos componentes sensíveis à irradiação.

A composição centesimal das amostras analisadas estão descritas nas Tabelas 1 e 2, para as folhas e os talos, respectivamente.

Tabela 1. Composição centesimal (g/100g), em base seca, das farinhas de folhas de batata-doce submetidos à radiação gama.

Doses (kGy)	0	0,5	1,0	1,5
Cinzas	9,55 ^b ±0,09	9,6 ^{ab} ±0,01	9,71 ^{ab} ±0,04	9,73 ^a ±0,08
Proteínas	25,67 ^{ab} ±0,15	25,88 ^{ab} ±0,17	25,47 ^b ±0,15	26,16 ^a ±0,41
Lipídeos	3,66 ^a ±0,03	3,62 ^{ab} ±0,01	3,69 ^a ±0,06	3,52 ^b ±0,06
Fibra bruta	13,68 ^a ±0,97	11,73 ^b ±0,81	12,37 ^{ab} ±0,16	12,67 ^{ab} ±0,21
Carboidratos	52,32±0,75	53,96±0,94	53,59±0,14	52,82±0,42
Valor energético (Kcal)	344,84 ^b ±3,84	351,98 ^a ±3,11	349,49 ^{ab} ±1,08	347,56 ^{ab} ±1,16

Nota: Resultados expressos com a média $\pm$ desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras com $p \leq 0,05$. Sendo F0= folhas não irradiadas; F0.5= folhas irradiadas com 0,5 kGy; F1.0= folhas irradiadas com 1,0 kGy e F1.5= folhas irradiadas com 1,5 kGy.

Tabela 2. Composição centesimal, em base seca, das farinhas de talos de batata-doce submetidos à radiação gama.

Doses (kGy)	0	0,5	1,0	1,5
Cinzas	10,14 ^a $\pm$ 0,01	9,90 ^b $\pm$ 0,11	9,87 ^b $\pm$ 0,11	10,07 ^{ab} $\pm$ 0,03
Proteínas	9,93 ^a $\pm$ 1,14	10,11 ^a $\pm$ 0,66	7,93 ^b $\pm$ 0,95	8,78 ^{ab} $\pm$ 0,28
Lipídeos	1,88 ^b $\pm$ 0,01	1,83 ^c $\pm$ 0,02	2,06 ^a $\pm$ 0,01	1,81 ^c $\pm$ 0,02
Fibra bruta	27,86 $\pm$ 4,91	31,37 $\pm$ 0,38	30,97 $\pm$ 0,57	30,42 $\pm$ 3,90
Carboidratos	53,04 $\pm$ 4,39	49,66 $\pm$ 0,48	52,08 $\pm$ 1,58	51,66 $\pm$ 4,09
Valor energético (Kcal)	268,83 $\pm$ 19,55	255,55 $\pm$ 1,19	257,55 $\pm$ 2,26	258,07 $\pm$ 15,40

Nota: Resultados expressos com a média $\pm$ desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre as amostras com $p \leq 0,05$. Sendo T0= talos irradiados; T0.5= talos irradiadas com 0,5 kGy; T1.0= talos irradiadas com 1,0 kGy e T1.5= talos irradiadas com 1,5 kGy.

A fração inorgânica dos alimentos, denominada cinza, está relacionada com a quantidade de minerais ali presentes, os quais possuem diversos benefícios para a saúde e influencia diretamente em seu valor nutricional (Ismail, 2024).

Ao avaliar as folhas, observaram-se teores de cinzas variando entre 9,55 à 9,73 g/100g, sendo a amostra irradiada com 1,5 kGy a com a maior quantidade de minerais. Resultados semelhantes para o teor mineral foram obtidos por Suarez et al. (2020), os quais variaram entre 10,39 à 11,30 g/100g.

Nkongho et al.. (2014) analisaram o conteúdo nutricional e bioativo de espécies locais e exóticas, em Camarões, Estados Unidos. Para os talos, os autores obtiveram médias que variaram entre 7,7 - 15,9 g/100g para a análise de cinzas, resultados condizentes com os obtidos neste estudo, cujas médias foram de 9,87 à 10,14 g/100g.

Os autores Suarez et al. (2020), que analisaram três variedades de folhas de batatas-doce, também relataram um teor proteico entre 26,20 à 30,80 g/100g em suas amostras, não irradiadas. Sun et al. (2014) obtiveram valores entre 16,69 a 31,08g, ao avaliar quarenta

cultivares de folhas da tuberosa. Esses resultados confirmam os obtidos, os quais variaram entre 25,47 à 26,16 g/100g, sendo a folha irradiada com 1,5 kGy a com maior média entre elas.

A radiação gama pode impactar a estrutura das proteínas contidas nos alimentos, resultando em alterações em suas propriedades nutricionais. Ademais, a intensidade da radiação aplicada pode afetar diretamente a quantidade de proteínas disponíveis para consumo, uma vez que podem ocorrer modificações químicas nos aminoácidos, como a quebra de ligações peptídicas, dissulfídicas e de hidrogênio, além de ligações cruzadas nas cadeias proteicas, o que afeta a estrutura terciária das proteínas e pode aumentar o teor de aminoácidos livres (Moura et al., 2020).

Considerando-se as médias de proteínas dos talos, essas variaram entre 7,93 à 10,11 g/100g, sendo a irradiada com 0,5 kGy a maior delas. Esses valores foram semelhantes aos apresentados por Nkongho et al. (2014), autores que obtiveram um teor proteico de 8,8-11,3 g/100g em talos sem irradiação. No entanto, a irradiação na dose de 0,5 kGy exerceu um impacto significativo aumentando a concentração de proteínas na farinha de talos.

Analisando os resultados obtidos, pôde-se concluir que folhas e talos de batatas-doce são boas fontes de minerais e proteínas, ao serem comparadas com a raiz da planta, que contém em média 1,6g de proteína em 100g do alimento, visto que estes são maiores do que na parte usualmente mais consumida pela população (Camargo, 2018; Leite, 2017).

O teor lipídico das amostras de folhas analisadas tiveram resultados ente 3,52 à 3,69 g/100g, resultado condizente com os obtidos por Sun et al (2014) e Suarez et al. (2020), cujas médias variaram entre 2,24 a 5,23g/100g e 2,90 a 3,70g/100g, respectivamente. Para os talos, esses teores foram menores, entre 1,81 a 2,06 g/100g.

As fibras contidas nas folhas e talos de batata-doce possuem benefícios gastrointestinais, visto que nelas estão contidas porções de celulose e lignina, os quais proporcionam um aumento nos movimentos peristálticos, reduzem o colesterol LDL, considerado maléfico para a saúde, bem como aumentam a massa fecal (Garcia, 2013).

Os teores encontrados para fibra bruta variaram entre 11,73 a 13,68 g/100g nas folhas, resultados condizentes à pesquisa de Sun et al. (2014), que obtiveram médias entre 9,15 a 14,26 g/100g, avaliando quarenta variedades de folhas de batata-doce.

Para os talos, não houve diferença significativa entre os resultados das amostras irradiadas e as não submetidas ao processo físico. As médias variaram de 27,86 a 31,37 g/100g, evidenciando que essas são ótimas fontes de fibras e muito benéficas ao trato gastrointestinal.

Nkongho et al (2014) apresentaram resultados semelhantes para as fibras, de 27,3 a 29,3 g/100g, fato que confirma os resultados obtidos neste estudo.

O maior teor de fibras brutas contidas nos talos do que nas folhas pode ser explicado devido à estrutura da planta, visto que este necessita de tecidos mais resistentes e fibrosos, para que possa fazer seu papel de sustentação da planta como um todo (Nkongho et al., 2014).

Os carboidratos, importante fonte de energia para o corpo humano, não apresentaram, estatisticamente, diferença significativa entre as amostras, tanto de folhas quanto de talos. Fagundes et al. (2023) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a composição físico-química, compostos bioativos e o potencial antioxidante presente nas folhas de batata-doce comum e biofortificada. Para tal, obtiveram valores de carboidratos de 32,36 e 37,59 g/100g, respectivamente.

Neste estudo, os carboidratos das folhas tiveram médias entre 52,32 e 53,96 g/100g, resultado maior que o encontrado em Fagundes et al. (2023), porém condizente com Sun et al. (2014), cujas médias ficando entre 42,03 a 61,36 g/100g.

Ao considerar os talos, os resultados variaram entre 49,66 e 53,04 g/100g, resultado condizente com Nkongho et al. (2014), autores que relataram médias entre 44,20 à 50,10 g/100 em suas amostras.

Por fim, o valor energético foi calculado considerando-se os teores de proteínas (4kcal/g), carboidratos (4kcal/g) e lipídeos (9kcal/g). Para as folhas, não houve diferença significativa entre as amostras irradiadas, sendo a maior média 351,98 Kcal/100g (0,5 kGy) e a menor para a não irradiada, de 344,84 kcal/100g. Já para os talos, não houve diferença estatística significativa entre nenhuma das amostras, sendo as médias entre 255,55 e 268,83 kcal/100g. Ambos os resultados são condizentes com de outros autores (Nkongho et al., 2014; Fagundes et al., 2023; Marques, 2023).

As divergências de valores no presente estudo, com alguns resultados obtidos na literatura, podem ser justificadas devido à diferença de cultivares, clima, métodos e condições de cultivo, bem como o tratamento de radiação gama aplicado nas amostras desse estudo.

Ao se avaliarem as doses de radiação aplicadas, para as folhas, a dose de 1,5 kGy foi eficiente para um maior teor de cinzas e proteínas, bem como um menor teor lipídico entre as amostras. Já para os talos, a dose de 0,5 kGy foi eficiente para um aumento de proteínas e um menor teor de lipídeos.

5.2 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS

5.2.1 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos são substâncias que possuem propriedades antioxidantes, antiaterogênicas, antiinflamatórias, antimicrobianas, antitrombóticas, cardioprotetoras e vasodilatadoras. Estes benefícios tornam seu consumo de suma importância para a saúde humana (Mihaylova; Dimitrova-Dimova; Popova, 2024).

Com base nessas propriedades benéficas, estudos têm sido feitos a fim de investigar diferentes formas de aumentar a concentração e a biodisponibilidade desses compostos em alimentos, como é o caso deste.

De acordo com Alothman et al. (2009), os efeitos da radiação gama sobre os compostos fenólicos está diretamente relacionado à dose aplicada bem como a especificidade do produto e sua sensibilidade ao tratamento, podendo assim aumentar, diminuir ou apresentar efeitos insignificantes sobre eles.

Os resultados obtidos para compostos fenólicos das folhas e talos sob diferentes doses de radiação gama, neste estudo, antes e após o armazenamento, estão descritos na tabela 3 .

Os teores de fenólicos totais das folhas analisadas variaram de 53,58 mg/g (dose de 1kGy) à 80,78 mg/g (0,5 kGy) no tempo 0, e de 35,68 mg/g (1,5 kGy) à 50,48 mg/g (0,5 kGy), após a estocagem. Os resultados obtidos foram condizentes com os de outros autores, que não utilizaram o processo de radiação em suas amostras (Marques et al, 2020; Li et al, 2017; Sun et al, 2014; Makori et al, 2020).

Marques et al. (2020) avaliaram folhas de uma variedade de batata-doce da cidade de Amarante, Portugal, e obtiveram um conteúdo de fenólicos totais de $53,96 \pm 0,42$ mg/g. Na Coreia do Sul, Li et al. (2017), ao analisarem quatorze cultivares de folhas de batata-doce, apresentaram-se valores de 26,40 a 42,01 mg/g.

Sun et al. (2014) avaliaram a composição nutricional e funcional de folhas de 40 cultivares de batata-doce. Para tal, a média do conteúdo de fenólicos totais foi de 70,8 mg/g, com resultados variantes entre 27,30 a 124,60 mg/g. Também na China, Makori et al. (2020) avaliaram as partes comestíveis de quatro cultivares de batata-doce, e para as folhas, obtiveram resultados entre 71,30 a 120,80 mg/g.

Tabela 3. Teor de compostos fenólicos totais das farinhas de folhas (F) e talos (T) de batata-doce submetidos à radiação gama.

	Doses (kGy)	TPC dia 0 (mg/g)	TPC dia 150 (mg/g)	Redução após 150 dias (%)
Folhas				
F 0	0	65,10 ^{bcA} ± 6,87	41,68 ^{bcB} ± 4,96	35,98
F 0.5	0,5	80,78 ^{aA} ± 10,14	50,48 ^{aB} ± 3,28	37,51
F 1.0	1,0	53,58 ^{cA} ± 3,92	47,28 ^{abA} ± 7,59	11,76
F 1.5	1,5	69,90 ^{bA} ± 9,95	35,68 ^{cB} ± 2,80	48,96
Talos				
T 0	0	21,03 ^{abA} ± 3,44	5,64 ^{cB} ± 0,12	73,18
T 0.5	0,5	25,11 ^{aA} ± 3,01	15,64 ^{aB} ± 3,28	32,14
T 1.0	1,0	15,99 ^{cA} ± 4,16	15,24 ^{aA} ± 2,01	1,69
T 1.5	1,5	18,99 ^{bcA} ± 4,85	9,48 ^{bB} ± 1,31	50,08

Nota: Resultados expressos com a média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as doses com $p \leq 0,05$. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tempos com $p \leq 0,05$.

Os TPC encontrados nos talos variaram entre 15,99 e 25,11 mg/g no tempo 0, e entre 5,64 mg/g e 15,64 mg/g, sendo as maiores médias, assim como para as folhas, encontradas na amostra irradiada na dose de 0,5 kGy. Li et al. (2017) obtiveram resultados condizentes ao desse estudo, sendo o maior teor encontrado nos talos de 20,83 mg/g, seguido de 17,52 mg/g.

Já Makori et al. (2020) apresentaram médias para o teor de compostos fenólicos entre 6,20 a 9,30 mg/g, valores menores encontrados tanto nesse estudo, quanto por Li et al. (2017). Essa diferença pode se dar devido à diferença de cor e a variedade das plantas (Zhang, Huang, Mu, 2019).

Com o objetivo de avaliar o efeito da radiação gama sobre os compostos fenólicos, na forma livre, esterificada e insolúvel-ligada, de cascas de amendoim, Camargo et al. (2015) submeteram as amostras às doses de 2,5 e 5 kGy. Os autores observaram que com o aumento da dose aplicada, aumentou-se juntamente o teor de compostos fenólicos, na forma livre.

Koike et al. (2015) analisaram os compostos fenólicos e a atividade antioxidante de flores comestíveis liofilizadas e irradiadas, com radiação gama, em doses de 0,5, 0,8 e 1 kGy. Ambos os teores aumentaram conforme o aumento da dose de radiação submetida.

Objetivando investigar o impacto da radiação gama na manutenção da composição bioativa e nutricional da fruta Jujuba indiana (*Ziziphus mauritiana* Lamk), bem como seu impacto no amadurecimento, Jat et al. (2022) submeteram as amostras a doses de 0, 0,4 e 1 kGy. Apesar de todas elas diminuírem seu teor de compostos fenólicos com o passar dos dias, as frutas tratadas (0,4 e 1 kGy) obtiveram um conteúdo significativamente maior do que as controle (0 kGy).

Ao ponderar apenas o fator “tempo”, pode observar que o mesmo padrão se manteve com o passar dos 150 dias, sendo a amostra irradiada com a dose de 0,5 kGy a que apresenta o maior teor em ambas as amostras e ambos os tempos.

Todavia, ao se comparar o percentual de perda dos compostos fenólicos com o passar do tempo, a dose de 1 kGy foi a que apresentou uma menor diferença entre os resultados do tempo 0 e 150 dias, para as folhas e para os talos, sendo um percentual de 11,76% e 1,69% respectivamente. Tal resultado foi comprovado estatisticamente, pois essas amostras não apresentaram diferença significativa entre si com o passar do tempo.

Ito et al. (2016) ao avaliarem os efeitos da radiação gama, em doses de 0, 1 e 2 kGy, sobre os compostos fenólicos da farinha de bagaço de maçã durante o armazenamento de 0, 3, 6 e 9 meses, obtiveram resultados semelhantes para a dose de 1 kGy, assim como o presente estudo. As amostras, além de apresentarem um maior teor nessa dose em todos os tempos, mostraram também uma menor perda ao final dos nove meses.

Em se investigando os efeitos da radiação gama na estabilidade de compostos fenólicos totais em diferentes temperaturas (4, 25, 35 e 45°C) durante o armazenamento de 120 dias de farinha de arroz preto, Ito et al. (2019) concluíram que a amostra irradiada com uma dose de 1 kGy também apresentou uma menor perda de compostos fenólicos na temperatura de 4 °C. Houve uma redução de 31,8% em relação à amostra no tempo inicial, sendo assim, confirmaram que permaneceu mais estável durante o período de armazenamento.

Pinela et al. (2018) analisando a influência da radiação gama em agrião fresco, verificaram níveis elevados de ácidos fenólicos também identificados nas amostras expostas à dose de 1 kGy, porém maior estabilidade após 7 dias para a dose de 5kGy. Este efeito, resultante da aplicação da baixa dosagem de 1 kGy, já havia sido previamente observado também em flores comestíveis da espécie *Viola tricolor* L. (Koike et al., 2015).

As alterações no teor de compostos fenólicos totais após a radiação gama podem estar correlacionadas à maior extratibilidade desses compostos, devido à quebra de ligações químicas que ocorrem com esse tratamento. Tal quebra libera fenólicos solúveis de baixo peso molecular, aumentando-se, assim, a extração e, conseqüentemente, seu teor (Behgar, et al.,2011).

5.2.2 Flavonóides totais

Ao se tratar de outro composto bioativo de altíssima importância, o grupo dos flavonóides são amplamente encontrados em frutas, folhas, chás e vinhos. Tratam-se de compostos bioativos que, consumidos regularmente, possuem potencial efeitos preventivos de doenças cerebrovasculares, ação antiinflamatória e antioxidante (Rodrigues; Muzitano, 2012).

Os flavonoides são compostos orgânicos caracterizados por uma estrutura química que apresenta anéis de benzeno conectados a um anel de pirano. Essa conformação estrutural confere-lhes propriedades antioxidantes e a habilidade de neutralizar radicais livres. Ademais, a existência de grupos hidroxila em sua formulação permite interações com proteínas e outras substâncias no organismo, influenciando assim sua atividade biológica (Santos, 2024).

Dentre as propriedades desses compostos, destacam-se a atividade antioxidante, anti-inflamatória e antiviral, o que torna de considerável importância seu máximo aproveitamento nos alimentos (Cruz, 2023).

Segundo Islam (2006) o teor de flavonóides presentes nas folhas de batata-doce são altas, sendo maior do que no brócolis, couve, espinafre e alface, vegetais estes que são amplamente consumidos no dia a dia.

Essa informação torna-se relevante, pois demonstra a importância das folhas e dos talos de batata-doce como fontes naturais de flavonóides, o que pode ser observado pelos dados apresentados na Tabela 4, que descreve os teores de flavonóides totais nas amostras em questão.

No tempo 0, para as folhas, o teor desse composto variou entre 67,81 mg/g (0kGy) à 76,67 mg/g (1 kGy). As amostras submetidas à radiação gama apresentaram um maior teor de flavonóides, comparadas à amostra não irradiada, sendo todas as submetidas ao processo físico, estatisticamente, sem diferença significativa. Ao se analisarem os resultados obtidos para os talos, as médias encontradas estão entre 16,33 e 17,21 mg/g, sendo a amostra irradiada com dose de 1kGy também a maior entre elas.

De acordo com Liao *et al.* (2011) conteúdo de flavonóides nas folhas de batata-doce pode diferir-se entre as espécies e variedades, variando de 18,00 a 72,70 mg/g de produto seco. Já Makori *et al.* (2020) em seu estudo obtiveram teores significativamente menores para folhas e talos de 4 espécies de batata-doce, que variaram de 15,60 a 42,10 mg/g e 0,94 a 1,57 mg/g, respectivamente. As variações nos níveis de flavonóides podem ser atribuídas às diferenças nas cores das batatas-doces, bem como ao método de extração utilizado e às condições de cultivo.

Quanto ao quesito “tempo”, ao se avaliar o teor de flavonóides tanto dos talos quanto das folhas, ambos apresentaram um maior valor com a dose de 1 kGy, antes e depois do tempo de estocagem. Contudo, em se analisando o percentual de perda, essa dose foi mais estável unicamente para os talos, com um valor de apenas 2,94% de degradação após os 150 dias.

Tabela 4. Teor de flavonóides das farinhas de folhas (F) e talos (T) de batata-doce submetidos à radiação gama, antes e após o armazenamento de 150 dias.

	Doses (kGy)	TFC dia 0 (mg/g)	TFC dia 150 (mg/g)	Redução após 150 dias (%)
Folhas				
F 0	0	67,81 ^{bA} ± 1,97	41,75 ^{bB} ± 1,18	38,42
F 0.5	0,5	73,51 ^{abA} ± 1,94	41,56 ^{bB} ± 1,91	43,47
F 1.0	1,0	76,67 ^{aA} ± 2,18	45,01 ^{aB} ± 0,61	41,29
F 1.5	1,5	74,33 ^{aA} ± 2,77	41,52 ^{bB} ± 0,81	44,13
Talos				
T 0	0	16,65 ^{bA} ± 0,36	14,45 ^{cB} ± 0,17	13,22
T 0.5	0,5	16,33 ^{bA} ± 0,76	15,22 ^{bB} ± 0,33	6,83
T 1.0	1,0	17,21 ^{aA} ± 0,64	16,70 ^{aA} ± 0,49	2,93
T 1.5	1,5	16,67 ^{bA} ± 0,23	13,99 ^{cB} ± 0,33	16,04

Nota: Resultados expressos com a média ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as doses com $p \leq 0,05$. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tempos com $p \leq 0,05$.

Vários estudos têm investigado o efeito da radiação gama na estabilidade de compostos bioativos, como flavonoides e compostos fenólicos, em diferentes matrizes alimentares, com resultados variados.

Ito et al. (2016), ao analisar a farinha de bagaço de maçã, observaram que a radiação com uma dose de 1 kGy resultou nas maiores médias de flavonoides totais e na menor perda percentual após nove meses de armazenamento, quando comparada às doses de 0 kGy e 2 kGy. Esse resultado é condizente com o obtido neste estudo e sugere que uma dose moderada de radiação gama pode ser mais eficaz na preservação desses compostos durante o armazenamento.

Em contraste, Ito et al. (2019) investigaram a radiação gama em farinhas de arroz negro, constatando que, ao longo de 120 dias de armazenamento a 35 °C e 46 °C, as amostras irradiadas com doses de 1, 2 e 3 kGy não apresentaram diferenças significativas em relação à amostra controle (tempo 0). Esse achado sugere que, em algumas condições de armazenamento, a radiação gama pode não ser tão eficaz na preservação de flavonoides, o que pode estar relacionado com fatores como temperatura e a composição da amostra.

Antonio et al. (2011) conduziram um estudo abrangente sobre os efeitos da radiação gama sobre compostos fenólicos e flavonoides em frutos e cascas de castanhas portuguesas (*C. sativa*), utilizando doses de 0,27 e 0,54 kGy e períodos de armazenamento de 0, 30 e 60 dias. Os resultados indicaram que o tempo de armazenamento teve uma influência mais significativa na variação dos compostos analisados do que as diferentes doses de radiação. Esse resultado ressalta a importância de considerar o tempo de armazenamento como um fator determinante na estabilidade de compostos bioativos, além da dosagem de radiação.

A literatura também sugere que o aumento nos níveis de flavonoides está diretamente associado ao rompimento de estruturas macromoleculares que retêm esses compostos. Shi et al. (2022) destacam que a radiação pode induzir a quebra dessas macromoléculas, facilitando a liberação dos flavonoides. Essa quebra estrutural foi também documentada por Variyar, Limaye e Sharma (2004), que observaram a liberação de isoflavonas após a radiação, causada pela quebra de glicosídeos.

De maneira similar, Harrison e Were (2007) sugeriram que a radiação pode desestruturar compostos fenólicos, promovendo a liberação de ácidos fenólicos livres. Esses estudos indicam que o efeito da radiação gama pode ir além da preservação, contribuindo para a liberação de compostos bioativos que podem ter benefícios adicionais à saúde.

5.2.3 Determinação de compostos individuais por HPLC

Amplamente utilizado para a determinação precisa de concentração de compostos metabólitos secundários, bem como a composição de uma amostra, o HPLC (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência) consiste em um método de cromatografia líquida de alta performance (Guttman *et al.*, 2004).

Os compostos identificados nas amostras foram o ácido clorogênico, o ácido cafeico e a rutina, e sua quantificação foi feita nos tempos 0 e 150 dias. Os resultados estão elucidados na tabela 5 .

Ao avaliar o teor dos compostos fenólicos (ácido clorogênico e cafeico) e flavonóides (rutina) individuais nas folhas para todos estes, no tempo 0, a menor média se deu na amostra não irradiada, e a maior na irradiada com uma dose de 1,5 kGy. Tais resultados demonstraram uma eficiência no aumento do teor de compostos com o aumento da dose de radiação gama aplicada.

O teor de ácido clorogênico, no tempo 0, das folhas de batata-doce variou entre 1,09 a 1,30 mg/g, de ácido cafeico entre 0,39 a 0,55 mg/g e de rutina entre 2,57 a 3,25 mg/g de amostra.

Já no tempo de 150 dias, a menor média se deu na amostra de irradiada com 1,5 kGy, e a maior na irradiada com uma dose de 0,5 kGy. Para tal, obtiveram-se médias de 0,96 a 1,21 mg/g de ácido clorogênico, 0,46 a 0,53 de ácido cafeico e 2,28 a 3,08 de rutina.

Os compostos fenólicos individuais, como o ácido clorogênico, ácido cafeico e rutina, apresentaram variações significativas no conteúdo nas folhas no tempo inicial (0 dias). O menor valor foi observado nas amostras não irradiadas, enquanto as maiores concentrações foram encontradas nas amostras submetidas à irradiação com a dose de 1,5 kGy. Esses resultados indicam que a aplicação de radiação gama, em doses mais elevadas, potencializou a concentração desses compostos fenólicos nas folhas, sugerindo um efeito dose-dependente na mobilização e síntese de compostos fenólicos. Tal incremento pode ser atribuído a modificações estruturais nas moléculas de fenólicos, induzidas pela radiação, o que favorece sua extração e concentração nas amostras tratadas (Ito *et al.*, 2018).

Nos talos, a rutina não foi detectada, mas os ácidos fenólicos (clorogênico e cafeico) estavam presentes. A resposta à irradiação foi semelhante à observada nas folhas, com maiores valores de compostos fenólicos verificado na amostra irradiada com 0,5 kGy. Entretanto, uma menor quantidade de ácidos fenólicos foi verificada na dose de 1,5 kGy. Esses dados indicam

uma maior suscetibilidade dos talos ao aumento dos ácidos fenólicos até a dose de 0,5 kGy, sugerindo que doses mais baixas de radiação favorecem a acumulação desses compostos.

Tabela 5: Compostos fenólicos individuais indentificados nas farinhas de folhas e talos de batata-doce, antes e após 150 dias de armazenamento.

Análise de compostos individuais por HPLC antes e após o armazenamento (mg/g)					
Tempo 0			Tempo 150		
Ácido Clorogênico			Ácido Clorogênico		
F0	1,09 ^{cA} ±0,01	1,06 ^{bA} ±0,02	T0	0,38 ^{cA} ±0,01	0,31 ^{aB} ±0,01
F0.5	1,18 ^{bA} ±0,03	1,21 ^{aA} ±0,02	T0.5	0,43 ^{aA} ±0,00	0,37 ^{aA} ±0,01
F1.0	1,17 ^{bA} ±0,00	1,08 ^{bB} ±0,01	T1.0	0,31 ^{cA} ±0,00	0,35 ^{aB} ±0,00
F1.5	1,30 ^{aA} ±0,03	0,96 ^{cB} ±0,02	T1.5	0,29 ^{cdA} ±0,00	0,26 ^{aB} ±0,01
Ácido Caféico			Ácido Caféico		
F0	0,39 ^{cB} ±0,02	0,45 ^{cA} ±0,01	T0	0,24 ^{bB} ±0,01	0,32 ^{bA} ±0,00
F0.5	0,40 ^{bcB} ±0,02	0,53 ^{aA} ±0,03	T0.5	0,28 ^{aB} ±0,00	0,39 ^{aA} ±0,00
F1.0	0,43 ^{bB} ±0,01	0,49 ^{bA} ±0,01	T1.0	0,19 ^{cB} ±0,01	0,29 ^{cA} ±0,01
F1.5	0,55 ^{aA} ±0,02	0,46 ^{cB} ±0,02	T1.5	0,18 ^{cA} ±0,00	0,21 ^{dA} 1±0,01
Rutina			Rutina		
F0	2,57 ^{dA} ±0,01	2,32 ^{aA} ±0,02	T0	-	-
F0.5	2,87 ^{bA} ±0,05	3,08 ^{aA} ±0,02	T0.5	-	-
F1.0	2,74 ^{cA} ±0,02	2,55 ^{aA} ±0,01	T1.0	-	-
F1.5	3,25 ^{aA} ±0,02	2,28 ^{aA} ±0,01	T1.5	-	-

Nota: F0= folhas não irradiadas; F0.5= folhas irradiadas com 0,5 kGy; F1.0= folhas irradiadas com 1,0 kGy; F1.5= folhas irradiadas com 1,5 kGy; T0= talos irradiadas com dose de 0 kGy; T0.5= talos irradiadas com 0,5 kGy; T1.0= talos irradiadas com 1,0 kGy e T1.5= talos irradiadas com 1,5 kGy. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as doses com $p \leq 0,05$. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tempos com $p \leq 0,5$.

O teor de ácido clorogênico ficou entre 0,29 a 0,43 mg/g e ácido cafeico entre 0,18 a 0,28 mg/g de amostra, no tempo 0. Após o tempo de estocagem de 150 dias, o mesmo padrão se manteve, sendo as maiores médias para as amostras irradiadas com 0,5 kGy, e as menores

para as com 1,5 kGy. Os teores variaram de 0,26 a 0,37 mg/g e 0,21 a 0,39 mg/g, para aos ácidos clorogênico e cafeico, respectivamente.

Os resultados obtidos para as folhas foram menores do que os apresentados por Luo, Mu, Sun (2020), os cujas médias foram de 3,01 mg/g, 1,6 mg/g e 4,72 mg/g de ácido clorogênico, ácido cafeico e rutina, respectivamente.

Já Suárez et al. (2020) apresentaram valores maiores do que os obtidos para o ácido cafeico (1,25-1,44 mg/g), porém menores para o ácido clorogênico (0,68-0,96 mg/g). Comportamento contrário ao descrito por Li et al. (2017), cujas médias de ácido clorogênico foram maiores (3,30 – 10,24 mg/g), e de ácido cafeico menores (0,14-0,32 mg/g) dos que as apresentadas nesse estudo.

Jung et al. (2011) estudaram os teores de ácido clorogênico em folhas e talos de oito variedades de batata-doce coreana. Os resultados descritos por eles são condizentes aos apresentados neste estudo, tendo em vista que para as folhas as médias variaram entre 0,28 e 3,00 mg/g e para os talos entre 0,23 a 2,57 mg/g.

Ao quantificar os compostos fenólicos e flavonóides individuais de folhas de *Curcuma alismatifolia* sob diferentes níveis de dose de irradiação gama aguda (0, 10, 15 e 20 Gy), Taheri et al. (2014) demonstraram um aumento do teor com o crescimento da dose aplicada, para os compostos ácido caféico e rutina, semelhante às folhas de batata-doce avalidas nesse estudo.

Ito et al. (2016) avaliaram os efeitos da radiação gama sobre os compostos fenólicos e a atividade antioxidante in vitro da farinha de bagaço de maçã durante o armazenamento, e ao determinar a concentração de ácido clorogênico na amostra irradiada, esse apresentou maior teor na dose de 1 kGy.

Ao se examinarem os níveis de ácido clorogênico e rutina, antes e após o armazenamento, constatou-se que, para ambos os compostos, independentemente da dose administrada, ocorreu uma leve redução nos teores. Tal fenômeno é frequentemente observado nessas substâncias com o passar dos dias.

Entretanto, ao se analisar o teor de ácido cafeico, observou-se que, para a maioria das amostras, houve um aumento nos níveis verificados no tempo 150. Este fenômeno pode estar associado à interação de outros compostos presentes nas amostras, os quais foram quantificados conjuntamente no momento da leitura.

O comportamento do ácido cafeico, caracterizado pelo aumento dos níveis nas amostras que foram irradiadas e armazenadas, pode também ser elucidado por Alothman et al. (2009), que sugerem ser a concentração desse antioxidante influenciada pelo tempo de

avaliação, podendo variar conforme a análise realizada imediatamente após o tratamento com radiação ou após um período determinado.

Ademais, conforme relatado por Song et al. (2006), a concentração dos fenóis presentes no suco de couve, avaliados, imediatamente, após a irradiação, revelou-se significativamente inferior em comparação ao controle. Contudo, o nível de compostos fenólicos na amostra irradiada aumentou posteriormente, superando o valor registrado no inicialmente. Tal fenômeno foi atribuído à oxidação imediata dos compostos fenólicos, que desempenham, portanto, uma função antioxidante ao reduzir os radicais livres e as espécies reativas de oxigênio gerados pela irradiação.

Em relação às folhas, constatou-se que tanto o ácido clorogênico quanto a rutina demonstraram uma maior estabilidade ao serem submetidos à dose de 0,5 kGy, uma vez que as perdas registradas foram de 0% e 0,3% após um período de 150 dias. No que se refere aos talos, a dose de 1 kGy revelou-se a mais eficaz em termos de estabilidade para o ácido clorogênico, quando comparada às demais dosagens.

Ito et al. (2016), ao analisarem o bagaço de maçã submetido à radiação gama em doses de 0, 1 e 2 kGy, observaram um incremento no teor de ácido clorogênico e na sua respectiva classe de ácidos hidroxicinâmicos, de maneira proporcional, no decorrer dos períodos de 0, 3, 6 e 9 meses, assim como foi verificado em relação ao ácido cafeico no presente estudo.

5.2.4 Determinação da atividade antioxidante

Os compostos antioxidantes são responsáveis pelo sequestro de radicais livres gerados por reações metabólicas. Tal propriedade desempenha papel significativo na prevenção de algumas doenças, como câncer, hipertensão e cardíacas (Salasar, 2018).

A técnica de DPPH é baseada na eliminação do radical livre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), molécula que apresenta-se como um radical orgânico livre estável, e possui uma boa estabilidade na ausência da luz, aplicabilidade, simplicidade e viabilidade (Deng; Cheng; Yang, 2011).

A técnica FRAP consiste na redução de íons metálicos, mais especificamente o potencial antioxidante redutor de íons férricos (FRAP). Nesta metodologia, o antioxidante presente na amostra reduz o Íon Férrico (Fe^{3+}) ao Íon Ferroso (Fe^{2+}), e este é o responsável pela cor azul do complexo formado com o reagente (Fe^{2+} /TPTZ). Esta técnica é considerada

muito eficiente, barata, com alta facilidade de preparo dos reagentes, bem como da reprodutibilidade da análise (Benzie; Strain, 1996).

Os resultados obtidos para atividade antioxidante, a partir dos métodos FRAP e DPPH, estão descritos na tabela 6.

Ao avaliar o poder antioxidante pelo método DPPH, para as folhas obtiveram-se médias entre 277,49 e 346,79 $\mu\text{mol/g}$, no tempo 0, sendo a maior delas apresentada na amostra tratada com uma dose de radiação gama de 0,5 kGy. O mesmo comportamento se repete para os talos, que apresentou o maior teor também na amostra irradiada com 0,5 kGy, cuja média foi 68,46 $\mu\text{mol/g}$.

Salasar (2018) investigou a capacidade antioxidante de 22 espécies de folhas de batata-doce, e obteve valores de DPPH variando entre 0,00 à 230,30 $\mu\text{mol/g}$. Já em 2021, um estudo realizado por Moura *et al.* (2021), relatou teores de DPPH entre 2,14 à 196,51 $\mu\text{mol/g}$ ao avaliar folhas de batata-doce provenientes de Sergipe, Brasil.

Ao analisar os resultados obtidos para a análise de FRAP, no tempo inicial, nas folhas as médias variaram entre 263,94 $\mu\text{mol trolox/g}$ para a amostra não irradiada e 328,38 $\mu\text{mol trolox/g}$ para a submetida a 1,5 kGy. Tal fato demonstra a eficiência na conversão do íon férrico (Fe^{3+}) em íon ferroso (Fe^{2+}) com o aumento da dose de radiação. Já para os talos, oposto aconteceu, sendo a maior média para a amostra não irradiada (195,07 $\mu\text{mol trolox/g}$) e a menor, para a dose 1,5 kGy (116,80 $\mu\text{mol trolox/g}$).

Ito *et al.* (2016) tanto para a análise de FRAP quanto DPPH de suas amostras de bagaço de maçã sob efeito da radiação gama em doses de 0, 1 e 2 kGy, obtiveram teores mais elevados de poder antioxidante nas irradiadas com doses de 1 kGy.

Carmargo *et al.* (2015) avaliaram o poder de eliminação do radical DPPH em cascas de amendoim submetidas à doses de 0, 2,5 e 5 kGy de radiação gama, em suas frações livres, esterificadas e insolúvel-ligadas. Para as frações livres, com o aumento da dose, houve um aumento do pontencial antioxidante.

Em se analisando o quesito tempo de estocagem, os resultados obtidos na análise de DPPH, averiguou-se que as amostras irradiadas com 0,5 kGy apresentaram os maiores índices em ambos os intervalos de tempo considerados. No que diz respeito ao FRAP, observou-se que, no tempo inicial (tempo 0), a dose de 1,5 kGy resultou no maior teor. Entretanto, após um período de 150 dias, a dose de 0,5 kGy demonstrou ser mais eficaz.

Tabela 6 : Atividade antioxidante das folhas e talos de batata-doce submetidos á radiação gama, analisados a partir das análises de DPPH e FRAP, antes e após o armazenamento de 150 dias.

DPPH				
	Doses (kGy)	DPPH - 0 dias (μmol trolox/g)	DPPH - 150 dias (μmol trolox/g)	Redução após 150 dias (%)
Folhas				
F 0	0	277,49 ^{bA} ± 32,71	169,26 ^{bB} ± 31,90	39,00
F 0.5	0,5	346,79 ^{aA} ± 69,33	202,77 ^{aB} ± 28,73	41,53
F 1.0	1,0	295,30 ^{abA} ± 18,81	202,53 ^{aB} ± 62,98	31,41
F 1.5	1,5	329,26 ^{abA} ± 37,97	167,52 ^{bB} ± 24,76	49,12
Talos				
T 0	0	61,33 ^{bA} ± 2,23	36,95 ^{bB} ± 6,13	39,74
T 0.5	0,5	68,46 ^{aA} ± 11,18	58,14 ^{aA} ± 8,47	15,07
T 1.0	1,0	44,05 ^{cA} ± 1,04	36,87 ^{bB} ± 0,83	16,30
T 1.5	1,5	38,08 ^{cA} ± 2,23	29,69 ^{cB} ± 1,12	22,04
FRAP				
	Doses (kGy)	FRAP - 0 dias (μmol trolox/g)	FRAP - 150 dias (μmol trolox/g)	Redução após 150 dias (%)
Folhas				
F 0	0	263,94 ^{cA} ± 11,97	254,13 ^{cA} ± 9,84	3,72
F 0.5	0,5	301,31 ^{bA} ± 23,85	291,76 ^{aA} ± 11,12	3,17
F 1.0	1,0	276,67 ^{cA} ± 6,63	269,94 ^{bB} ± 4,98	2,43
F 1.5	1,5	328,38 ^{aA} ± 6,65	253,74 ^{cB} ± 6,52	22,73
Talos				
T 0	0	195,07 ^{aA} ± 5,08	97,38 ^{aB} ± 1,23	50,08
T 0.5	0,5	172,40 ^{bA} ± 6,39	74,44 ^{bB} ± 7,20	56,82
T 1.0	1,0	118,95 ^{cA} ± 7,24	74,33 ^{bB} ± 2,91	37,51
T 1.5	1,5	116,80 ^{cA} ± 9,65	71,71 ^{bB} ± 5,51	38,60

Nota: Resultados expressos com a média $\pm$ desvio padrão. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre as doses com $p \leq 0,05$. Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tempos com $p \leq 0,05$.

Notou-se que houve uma diminuição do potencial antioxidante ao longo de um período de 150 dias, tanto para as folhas, tanto para os talos, independentemente das metodologias de análise utilizadas. Todavia, ao avaliar o percentual de perda, o menor deles é presenciado na dose de 1,0 kGy nas análises de DPPH e FRAP para ambas as amostras.

Ito et al. (2016) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar as propriedades antioxidantes da farinha de bagaço de maçã por meio da aplicação dos métodos DPPH e FRAP, com as amostras expostas a doses de irradiação de 0, 1 e 2 kGy, durante o armazenamento de 0, 3, 6 e 9 meses. A avaliação dos valores de atividade antioxidante indicou que as amostras submetidas a uma dose de irradiação de 1 kGy exibiram valores substancialmente elevados em contraste com aquelas tratadas com doses de 0 e 2 kGy. Ao longo da duração do estudo, uma redução nos níveis de antioxidantes foi observada em todos os grupos de amostra. Além disso, as descobertas sugeriram que a inibição do DPPH exibiu estabilidade ao período de armazenamento, com a dose de irradiação de 1 kGy exibindo o nível mais elevado de inibição.

Koike et al. (2015) conduziram um estudo sobre flores comestíveis que foram liofilizadas e irradiadas. Os resultados obtidos indicaram que todos os compostos fenólicos, assim como a atividade antioxidante, foram identificados em concentrações superiores nas amostras submetidas à irradiação, particularmente naquelas tratadas com uma dose de 1 kGy.

Utilizando como amostra a couve-flor irradiada e armazenada à temperatura de 4 °C por um período de 21 dias, Vaishnav, Adiani e Variyar (2015) avaliaram suas características nutricionais, propriedades físico-químicas e sensoriais. As observações foram realizadas em períodos de 0, 7, 14 e 21 dias. A aplicação de uma dose de radiação ionizante de 0,5 kGy resultou no incremento da atividade antioxidante, bem como no aumento do teor total de compostos fenólicos, além de contribuir para a extensão da vida útil da couve-flor por mais sete dias, sem que fossem observadas perdas significativas nos atributos de qualidade (Vaishnav; Adiani; Variyar, 2015).

Para a farinha da folha de batata-doce, em todas as doses de radiação, houve uma redução significativa nos níveis de TPC, TFC e atividade antioxidante medida pelo DPPH após 150 dias de armazenamento. No entanto, a atividade antioxidante medida pelo FRAP não apresentou diminuição nas doses de 0 e 0,5 kGy. A maior concentração de compostos fenólicos

e de atividade antioxidante DPPH nos períodos de 0 e 150 dias foi observada na dose de 0,5 kGy, enquanto a dose de 1,0 kGy apresentou os maiores níveis de TFC nos dois tempos analisados (0 e 150 dias).

A atividade antioxidante medida pelo FRAP foi mais pronunciada na dose de 1,5 kGy no tempo de 0 dias, enquanto, após 150 dias, a dose de 0,5 kGy demonstrou maior capacidade redutora. Esses resultados sugerem que a irradiação, particularmente nas doses de 0,5 kGy e 1,0 kGy, favorece a preservação ou até o aumento de certos compostos fenólicos, o que pode ser atribuído à alteração da estrutura dos compostos fenólicos devido ao tratamento, potencializando sua solubilidade e, conseqüentemente, sua extração (Behgar et al., 2011).

Para a farinha do talo de batata-doce, nas doses de 0, 0,5 e 1,5 kGy, uma diminuição significativa nos níveis de TPC e TFC foi verificada ao comparar os tempos de 0 e 150 dias. Para as doses de 0, 1,0 e 1,5 kGy, houve uma redução nos valores de DPPH e FRAP após 150 dias. No entanto, a dose de 0,5 kGy manteve os níveis de DPPH, enquanto a dose de 1,0 kGy preservou os níveis de TPC e TFC após 150 dias. A dose de 0,5 kGy apresentou os maiores valores de TPC, enquanto a dose de 1,0 kGy teve os maiores níveis de TFC.

Por outro lado, a dose de 0 kGy demonstrou maior atividade antioxidante medida pelo FRAP, enquanto a dose de 0,5 kGy teve o maior valor de DPPH, tanto no tempo inicial quanto após 150 dias. Essas alterações podem ser atribuídas à modificação da estrutura molecular dos compostos fenólicos totais durante o processo de irradiação gama, que pode ter facilitado a liberação de fenólicos solúveis de baixo peso molecular, aumentando a extração e, conseqüentemente, os teores observados (Behgar et al., 2011). Além disso, é possível que diferentes doses de radiação influenciem de maneira distinta a estabilidade dos compostos fenólicos, o que reflete nas variações nos perfis de composição ao longo do tempo (Ito, et al., 2016)

A matriz de correlação de Pearson foi calculada para avaliar as relações entre as variáveis TPC (teor de compostos fenólicos), TFC (teor de flavonoides totais), DPPH (capacidade antioxidante) e FRAP (poder antioxidante redutor de ferro). Os resultados indicam que todas as variáveis apresentaram correlação forte e positiva entre si, em ambos os tempos.

A análise revelou que todas as correlações possuem coeficientes acima de 0,9, antes e após o tempo de estocagem, indicando uma relação linear positiva forte. Esses resultados evidenciam a interdependência das variáveis, destacando que os compostos fenólicos e flavonoides totais possuem uma relação direta com as capacidades antioxidantes medidas por

DPPH e FRAP. Esse comportamento corrobora a literatura existente, que associa altos teores de compostos bioativos à maior capacidade antioxidante.

5.3 AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL

Capaz de reproduzir imagens de alta resolução das superfícies das amostras, a análise de MEV (microscopia eletrônica de varredura) fornece informações sobre a morfologia e topografia da amostra, através da interação destas com feixe de elétrons emitidos pelo equipamento (Ui-Hamid, 2018).

As figuras 4 e 5 apresentam as microscopias das folhas e talos, sob radiação gama, respectivamente. As microimagens apresentam uma estruturas orgânica, heterogênea, com tamanhos e formas irregulares, porém mantendo um padrão característico das amostras. As amostras não irradiadas (0 kGy) mostram estruturas mais compactas e com poucos poros, além de maiores.

É notório que houve modificação estrutural, tanto nas folhas quanto nos talos, após a submissão à radiação, como rachaduras, poros, irregularidades e fragmentos menores na superfície da estrutura.

De acordo com Haririson e Were (2007) a radiação gama ocasiona a degradação de compostos maiores em menores, através das quebras de ligações glicosídicas, o que explica a maior extratibilidade de compostos bioativos.

As rachaduras elucidadas nas amostras são um efeito da radiação gama altamente energética e penetrante, as quais estão diretamente relacionadas com os radicais livres gerados pela radiação, devido às clivagens de ligações glicosídicas das moléculas. A fragmentação ocasionada por esse tipo de quebra levou a um incremento significativo na quantidade de partículas de dimensões reduzidas presentes nas amostras de farinha obtidas a partir de folhas e talos de batata-doce. Esse aumento na fração de partículas menores pode estar relacionado à desestruturação da matriz original do material, promovendo uma redistribuição dos componentes (Ashwar *et al.*, 2014).

De forma semelhante, Korotchenko e Sharpatyi (2004) verificaram que, quando submetidos a doses mais elevadas de radiação, os polissacarídeos tendem a se degradar, adquirindo uma estrutura amorfa, o que pode contribuir para um aumento da cristalinidade do material. Esse fenômeno pode estar relacionado a alterações na organização molecular dos polissacarídeos, impactando suas propriedades físico-químicas.

Além disso, pesquisas conduzidas por Choi, Kim e Lee (2011) e indicaram que a radiação gama pode induzir deformações nos grânulos de amido e polissacarídeos, sugerindo que a interação entre a radiação e esses compostos pode gerar modificações estruturais significativas. Esses achados destacam a importância de compreender os efeitos da irradiação sobre as amostras, especialmente no que diz respeito às suas propriedades estruturais e funcionais.

Ito *et al.* (2017) em seu estudo com bagaço de maçã sob efeito da radiação gama, com doses de 0, 1 e 2 kGy, apresentaram resultados semelhantes em relação às modificações estruturais na conformação das moléculas, as quais exibiram maior número de poros, rachaduras e irregularidades, bem como mudanças de tamanho, após o tratamento.

Ao avaliar a microestrutura do arroz negro submetido à doses de 0, 1, 2 e 3 kGy, Ito *et al.* (2018) apresentaram também as mesmas modificações, principalmente nos grânulos de amido, devido à degradação das ligações glicosídicas.

Figura 4: Fotomicrografias obtidas por MEV (500x) das amostras de farinhas de folhas de batata-doce. Onde: F0 – amostra não irradiada; F0.5 – amostra sob radiação de 0,5 kGy; F1.0 – amostra sob radiação de 1,0 kGy; F1.5 – amostra sob radiação de 1,5 kGy.

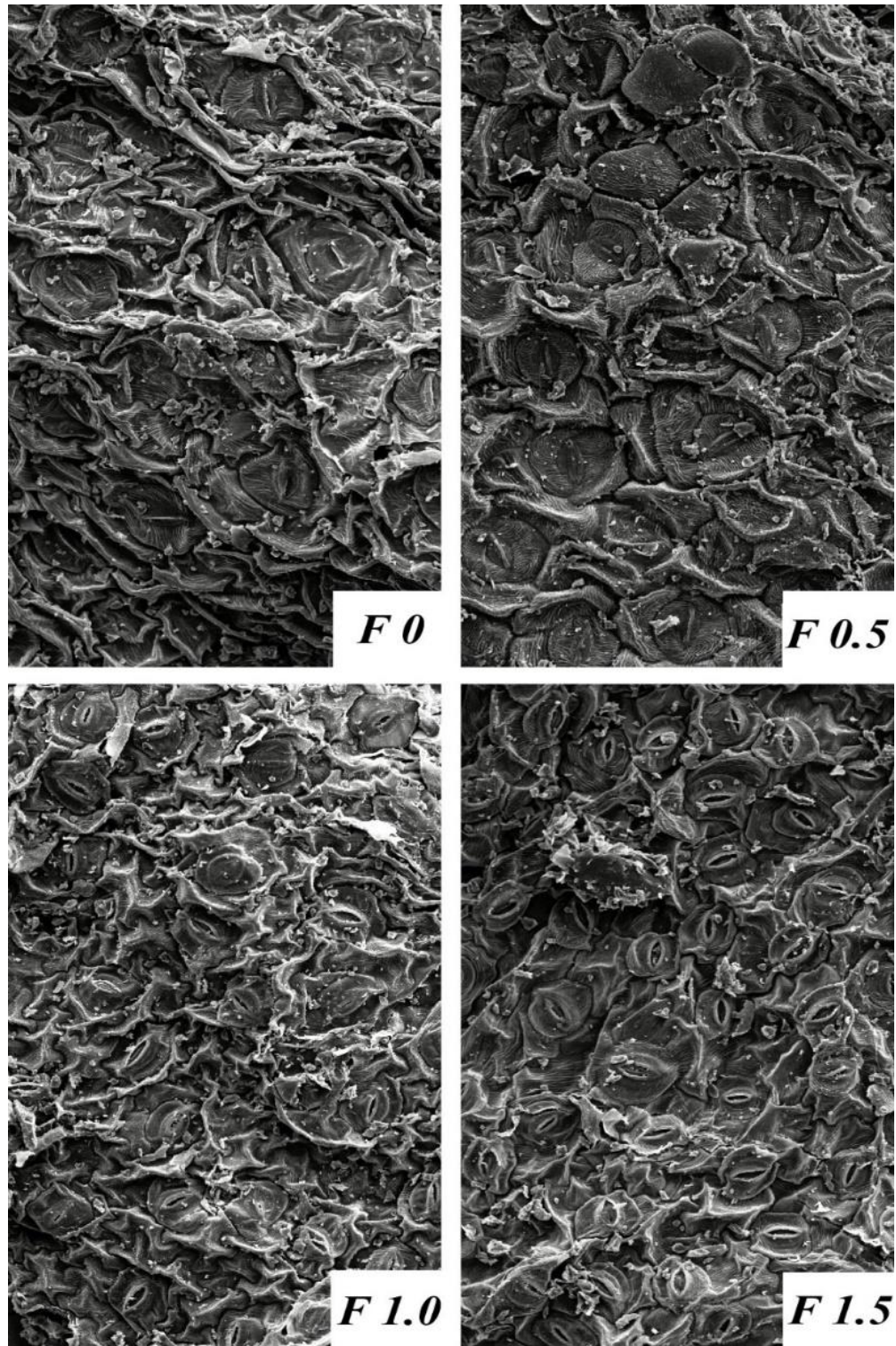
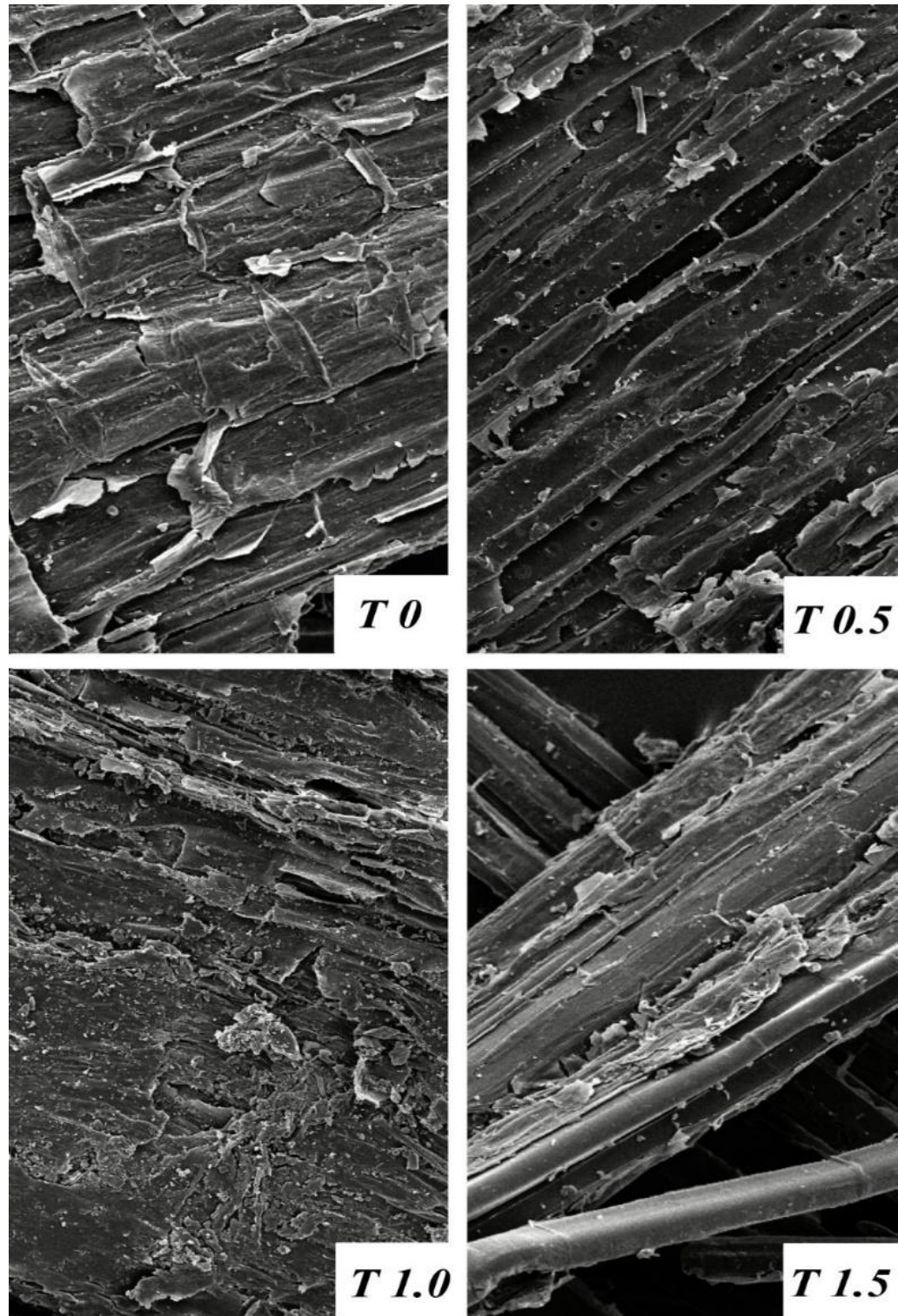


Figura 5: Fotomicrografias obtidas por MEV (500x) das amostras de farinhas de talos de batata-doce. Onde: T0 – amostra não irradiada; T0.5 – amostra sob radiação de 0,5 kGy; T1.0 – amostra sob radiação de 1,0 kGy; T1.5 – amostra sob radiação de 1,5 kGy.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo investigou, de forma inédita, a influência da radiação gama na estabilidade e nos parâmetros funcionais, bioativos, antioxidantes, físico-químicos e microestruturais de folhas e talos de batata-doce. Os resultados obtidos demonstraram que diferentes doses de radiação apresentaram efeitos distintos sobre os compostos analisados, indicando a eficiência e adequação de cada dose para parâmetros específicos.

Ao avaliar os aspectos físico-químicos, como umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta, carboidratos e valor energético, observou-se uma relativa estabilidade entre as amostras irradiadas, com variações significativas, mas dentro de limites aceitáveis.

No que tange aos compostos fenólicos totais, as doses de 0,5 kGy e 1 kGy se destacaram. A dose de 0,5 kGy proporcionou os maiores valores iniciais, enquanto a dose de 1 kGy apresentou maior estabilidade ao longo do armazenamento. Essa mesma dose (1 kGy) também foi eficiente para a estabilidade dos flavonoides totais e para a atividade antioxidante medida pelos métodos DPPH e FRAP. Em contrapartida, na análise individual de compostos fenólicos por HPLC, a dose de 0,5 kGy destacou-se ao proporcionar maior estabilidade para o ácido clorogênico e rutina, além de apresentar os maiores teores após 150 dias.

Quanto à análise antioxidante, a dose de 0,5 kGy foi mais eficiente na eliminação do radical livre DPPH, enquanto a dose de 1,5 kGy destacou-se na redução dos íons férricos (FRAP) para as folhas, com comportamento semelhante para os talos em doses menores.

Com base nesses resultados, conclui-se que a radiação gama, especialmente nas doses de 0,5 kGy e 1 kGy, apresentou potencial significativo para melhorar a estabilidade e a funcionalidade de folhas e talos de batata-doce sob armazenamento prolongado. Cada dose foi eficiente em diferentes aspectos, indicando que a escolha da dose ideal deve considerar o parâmetro de interesse. Estes achados contribuem para ampliar o conhecimento sobre o uso da radiação gama na conservação e no aprimoramento das propriedades bioativas de alimentos vegetais, sugerindo sua aplicabilidade como uma ferramenta promissora para a indústria alimentícia.

REFERÊNCIAS

ABERC. Associação Brasileira das Empresas de Refeições Coletivas. **Manual ABERC de Práticas de Elaboração e Serviço de Refeições para Coletividades**. 9º edição, 2009.

ADAMO, M.; CAPITANI, D.; MANNINA, L.; CRISTINZIO, M.; RAGNI, P.; TATA, A.; COPPOLA, R. Truffles decontamination treatment by ionizing radiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 71, n. 1-2, p. 167-170, 2004.

AKOETHEY, W.; BRITAIN, M. M.; MORAWICKI, R. O. Potential use of byproducts from cultivation and processing of sweet potatoes. **Ciência Rural**, v. 47, p. e20160610, 2017.

ALAM, M. K. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. **Trends in Food Science & Technology**, v. 115, p. 512-529, 2021.

ALBERTI, A.; ZIELINSKI, A. A. F.; ZARDO, D. M.; DEMIATE, I. M.; NOGUEIRA, A.; MAFRA, L. I. Optimisation of the extraction of phenolic compounds from apples using response surface methodology. **Food chemistry**, v. 149, p. 151-158, 2014.

ANTONIO, A. L.; FERNANDES, Â.; BARREIRA, J. C.; BENTO, A.; BOTELHO, M. L.; FERREIRA, I. C. Influence of gamma irradiation in the antioxidant potential of chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) fruits and skins. **Food and Chemical Toxicology**, v. 49, n. 9, p. 1918-1923, 2011.

ANVISA. Instrução normativa - IN nº 161, de 1º de julho de 2022. Ministério da Saúde - MS. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa**. Disponível em: <https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/IN_161_2022_.pdf/b08d70cb-add6-47e3-a5d3-fa317c2d54b2> . Acesso em: 24 de setembro de 2024.

ASHWAR B. A.; SHAH A.; GANI A.; RATHER S. A.; WANI S. M.; WANI I. A.; AHMED W.; MASOODI F. A.; GANI A. Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties of alkali-extracted rice starch. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 99, p. 37-44, 2014.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - **AOAC**. **Official methods of analysis Chemists**. 18. ed. Washington, 2005.

BAI, C.; CHEN, R.; ZHANG, Y.; BAI, H.; TIAN, L.; SUN, H.; WU, W. Comparison in structural, physicochemical and functional properties of sweet potato stems and leaves polysaccharide conjugates from different technologies. **International Journal of Biological Macromolecules**, p. 125730, 2023.

BEHGAR, M.; GHASEMI, S.; NASERIAN, A.; BORZOIE, A.; & FATOLLAHI, H. Gamma radiation effects on phenolics, antioxidants activity and in vitro digestion of pistachio (*Pistachia vera*) hull. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 80, n. 9, p. 963-967, 2011.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.

BOVELL-BENJAMIN, A. C. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. **Advances in Food and Nutrition Research**, v. 52, p. 1-59, 2007.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

CAMARGO V. C. S. **Avaliação in vivo de retinol em produtos (farinha e bolo sem glúten) oriundos de batata-doce (*Ipomoea batatas* L) cultivar Beauregard biofortificada com carotenoides**. 2018. 174f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Centro de Ciências da Vida, Pontifícia Universidade Católica, Campinas, 2018.

CAMARGO, A. C.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; GALLO, C. R.; SHAHIDI, F. Gamma-irradiation induced changes in microbiological status, phenolic profile and antioxidant activity of peanut skin. **Journal of Functional Foods**, v. 12, p. 129-143, 2015.

CHAVES, D. F. S. Compostos bioativos dos alimentos. São Paulo. **Valéria Paschoal Editora Ltda.**; 340p. 2015.

CHOI, J. I.; KIM, H. J.; LEE, J. W. Structural feature and antioxidant activity of low molecular weight laminarin degraded by gamma irradiation. **Food chemistry**, v. 129, n. 2, p. 520-523, 2011.

CORDOVIL, E. S.; FRANCEZ, P. A. Desafios analíticos na identificação de drogas sintéticas NBOMe e NBOH no contexto forense: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 13, n. 1, p. 168-175, 2024.

CRUZ, A. F. G. **Quantificação de componentes fenólicos em extrato etanólico de *Fridericia chica* com potencial efeito anti-arbovírus**. Monografia (Graduação em Farmácia) - Escola de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 36p. , 2023.

FAGUNDES, M. E.; LUCCHETTA, L.; DE SOUZA, D. M.; GUIMARÃES, A. T. B.; KOTTWITZ, L. B. M. Caracterização físico-química e de compostos bioativos de folhas de batata-doce comum e biofortificada. **Revista Faz Ciência**, v. 24, n. 40, 2023.

FANARO, G. B. **Efeito da radiação ionizante em chás da planta *camellia sinensis* irradiados com diferentes atividades de água**. Tese (Doutorado em Ciência na área de Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energeticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

FAO - FAOSTAT. Crops and Livestock Products. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em 31 de outubro de 2024.

FARKAS, J.; MOHÁCSI-FARKAS, C. History and future of food irradiation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 2-3, p. 121-126, 2011.

FERREIRA, J.; LIMA, C. Estratégias para reduzir os efeitos da radiação ionizante em alimentos. **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 4, p. 75-83, 2024. Disponível em:

https://periodicos.ces.ufcg.edu.br/periodicos/index.php/99cienciaeducacaosaude25/article/download/53/pdf_16. Acesso em: 16 jan. 2025.

FURGERI, C.; NUNES, T. C. F.; FANARO, G. B.; SOUZA, M. F. F.; BASTOS, D. H. M.; VILLAVICENCIO, A. L. C. H. Evaluation of phenolic compounds in maté (*Ilex paraguariensis*) processed by gamma radiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 78, n. 7-8, p. 639-641, 2009.

GARCIA E. L. **Composição dos tubérculos, extração e caracterização de amidos de diferentes cultivares de batata**. 2013. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônômicas) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013.

GOWTHAMRAJ, G.; JUBEENA, C.; SANGEETHA, N. The effect of γ -irradiation on the physicochemical, functional, proximate, and anti-nutrient characteristics of finger millet (CO14 & CO15) flours. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 183, p. 109403, 2021.

GUTTMAN, A.; KHANDURINA, J.; BUDWORTH, P.; XU, W.; HOU, Y. M.; & WANG, X. Analysis of combinatorial natural products by HPLC and CE. **LC GC North America**, v. 22, n. 1, p. 58-67, 2004.

HARRISON, K.; WERE, L. M. Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of almond skin extracts. **Food Chemistry**, v. 102, n. 3, p. 932-937, 2007.

HONG, J; MU, T.; SUN, H.; RICHEL, A.; BLECKER, C. Valorization of the green waste parts from sweet potato (*Ipomoea batatas* L.): Nutritional, phytochemical composition, and bioactivity evaluation. **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 8, p. 4086-4097, 2020.

HUANG X.; TU Z.; XIAO H.; LI Z.; ZHANG Q.; WANG H.; HU Y.; ZHANG L. Dynamic high pressure micro fluidization-assisted extraction and antioxidant activities of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves flavonoid. **Food Bioproducts Processing**, v. 91, n. 1, p. 1-6, 2013.

HUANG, S. J.; MAU, J. L. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Agaricus blazei* with various doses of γ -irradiation. **LWT-Food Science and Technology**, v. 39, n. 7, p. 707-716, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Ed. 4. Versão eletrônica. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo, p. 1020, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal 2022 - Lavoura Temporária**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/pesquisa/14/10193de>. Acesso em: 30 out. 2023. Acesso em: 16 jun. 2024.

ISHIDA, H.; SUZUNO, H.; SUGIYAMA, N.; INNAMI, S.; TADOKORO, T.; MAEKAWA, A.. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* *poir*). **Food Chemistry**, v. 68, n. 3, p. 359-367, 2000.

ISLAM, M. K.; TAUFIK, N. N. A. A.; ZULKIFLI, N. H.; JAAFFAR, A. H.; RADZI, H. M. Developing and Synthesizing the EESG Factors of Electricity Producing Company in

Malaysia for Its Sustainable Future: A Stakeholder Perspective. **Global Business and Management Research**, v. 13, n. 4s, p. 618-637, 2021.

ISLAM, S. Nutritional and medicinal qualities of sweet potato tops and leaves. **Cooperative Extension Program**, University of Arkansas at Pine Bluff, 2014.

ISLAM, S. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaf: its potential effect on human health and nutrition. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 2, p. R13-R121, 2006.

ISMAIL, B. P. Ash content determination. In: **Nielsen's Food Analysis Laboratory Manual**. Cham: Springer International Publishing, p. 129-131.2024.

ITO, V. C.; ALBERTI, A.; AVILA, S.; SPOTO, M.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G. Effects of gamma radiation on the phenolic compounds and in vitro antioxidant activity of apple pomace flour during storage using multivariate statistical techniques. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 33, p. 251-259, 2016.

ITO, V. C.; BET, C. D.; WOJEICCHOWSKI, J. P.; DEMIATE, I. M.; SPOTO, M. H. F.; SCHNITZLER, E.; LACERDA, L. G. Effects of gamma radiation on the thermoanalytical, structural and pasting properties of black rice (*Oryza sativa* L.) flour. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 133, p. 529-537, 2018.

ITO, V. C.; ZIELINSKI, A. A. F.; AVILA, S.; SPOTO, M.; NOGUEIRA, A.; SCHNITZLER, E.; LACERDA, L. G. Effects of gamma radiation on physicochemical, thermogravimetric, microstructural and microbiological properties during storage of apple pomace flour. **LWT**, v. 78, p. 105-113, 2017.

JAT, L.; LAKHAWAT, S. S.; SINGH, V.; MEENA, R.; CHOUDHARY, J. L.; GATHALA, S. Postharvest γ -irradiation treatment enhance nutritional and antioxidant potential of Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk) fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 301, p. 111127, 2022.

JENA, N.; KAR, M. K. Ethanol production from various plant sources using *Saccharomyces cerevisiae*. **International Journal of Chemical Studies**, v. 7, n. 6, p. 2968-2971, 2019.

JOSÉ, A. E.; Chaves Carvalho, H. H.; Wiest, JM. Avaliação do efeito antibacteriano de extratos de folhas de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) frente a bactérias de interesse em alimentos e correlação com os compostos fenólicos. **Revista Ceres**, v. 62, n. 5, 2015.

JUNG, J. K.; LEE, S. U.; KOZUKUE, N.; LEVIN, C. E.; FRIEDMAN, M. Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (*Ipomoea batata* L.) plants and in home processed roots. **Journal of food composition and analysis**, v. 24, n. 1, p. 29-37, 2011.

KOIKE, A.; BARREIRA, J. C.; BARROS, L.; SANTOS-BUELGA, C.; VILLAVICENCIO, A. L.; FERREIRA, I. C. Edible flowers of *Viola tricolor* L. as a new functional food: Antioxidant activity, individual phenolics and effects of gamma and electron-beam irradiation. **Food Chemistry**, v. 179, p. 6-14, 2015.

KOROTCHENKO, K. A.; SHARPATYI, V. A. Radiation chemistry of polysaccharides: 3. On the strange dose dependence of the buildup of some radiolysis products. **High Energy Chemistry**, v. 38, p. 231-235, 2004.

KROCHMAL-MARCZAK, B.; CEBULAK, T.; KAPUSTA, I.; OSZMIĄŃSKI, J.; KASZUBA, J.; ŻUREK, N. The content of phenolic acids and flavonols in the leaves of nine varieties of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.) depending on their development, grown in Central Europe. **Molecules**, v. 25, n. 15, p. 3473, 2020.

KURATA, R.; KOBAYASHI, T.; ISHII, T.; NIIMI, H.; NIISAKA, S.; KUBO, M.; KISHIMOTO, M. Influence of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaf consumption on rat lipid metabolism. **Food Science and Technology Research**, v. 23, n. 1, p. 57-62, 2017.

LAVERIANO-SANTOS, E. P.; LÓPEZ-YERENA, A.; JAIME-RODRÍGUEZ, C.; GONZÁLEZ-CORIA, J.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M.; VALLVERDÚ-QUERALT, ROMANYÀ, J.; PÉREZ, M. Sweet potato is not simply an abundant food crop: A comprehensive review of its phytochemical constituents, biological activities, and the effects of processing. **Antioxidants**, v. 11, n. 9, p. 1648, 2022.

LAZZAROTTO, S. R. S.; BET, C. D.; HORNUNG, P. S. B.; LAZZAROTTO, M.; SCHNITZLER, E. Induced effects by oxidation with potassium permanganate on the thermal, morphological, colorimetric and pasting properties of corn starch. **Ukrainian Food Journal**, v. 6, p. 197-210, 2017.

LI, M.; JANG, G. Y.; LEE, S. H.; KIM, M. Y.; HWANG, S. G.; SIN, H. M.; KIM H. S. LEE J.; JEONG, H. S. Comparison of functional components in various sweet potato leaves and stalks. **Food science and biotechnology**, v. 26, p. 97-103, 2017.

LIAO, W. C.; LAI, Y. C.; YUAN, M. C.; HSU, Y. L.; CHAN, C. F. Antioxidative activity of water extract of sweet potato leaves in Taiwan. **Food Chemistry**, v. 127, n. 3, p. 1224-1228, 2011.

LÓPEZ-MARTÍNEZ, L. X.; LÓPEZ-PÉREZ, A. A.; GONZÁLEZ-CÓRDOVA, A. F.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; COLIN, C. C.; BELTRÁN-BARRIENTOS, L. M.; VARGAS-ORTIZ, M. Technologies for the use and consumption of sweet potato leaves and their bioactive compounds. **ACS Food Science & Technology**, v. 3, n. 3, p. 379-393, 2023.

LOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, n. 5, p. 201-212, 2009.

LUO, D.; MU, T. H.; SUN, H.; CHEN, J. Optimization of the formula and processing of a sweet potato leaf powder-based beverage. **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 6, p. 2680-2691, 2020.

LUO, D.; MU, T.; SUN, H. Profiling of phenolic acids and flavonoids in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves and evaluation of their antioxidant and hypoglycemic activities. **Food Bioscience**, v. 39, p. 100801, 2021.

MADUREIRA, J.; BARROS, L.; CABO VERDE, S.; MARGAÇA, FM, SANTOS-BUELGA, C.; FERREIRA, IC. Tecnologias de radiação ionizante para aumentar a extração de compostos bioativos de resíduos agroindustriais: uma revisão. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 40, p. 11054-11067, 2020.

MAKORI, S. I.; MU, T. H.; SUN, H. N. Total polyphenol content, antioxidant activity, and individual phenolic composition of different edible parts of 4 sweet potato cultivars. **Natural Product Communications**, v. 15, n. 7, p. 1934578X20936931, 2020.

MALUF, W. R. A batata-doce e seu potencial na alimentação humana, na alimentação animal, e na produção de etanol biocombustível. In: **Anais do 53º Congresso Brasileiro de Olericultura, Universidade Federal de Lavras/UFLA. Lavras, Minas Gerais. 2014.**

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2013) **Cultivares de batata-doce** registradas - Brasília. 2013. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 20 de junho de 2023.

MARQUES, E.; ABREU, T. L.; MARQUES, A.; CARVALHO, L. M. D.; MEDEIROS, L. L. D.; FERREIRA, V. C. D. S.; BEZERRA, T. Casca de café orgânico: um estudo de métodos de obtenção de polifenóis extraíveis e não extraíveis. In: Anais do 15º SLACAN – Simpósio latino americano de ciência de alimentos e nutrição, 2023, Campinas. **Anais eletrônicos**. Campinas, Galoá, 2023. Disponível em: <<https://proceedings.science/slacan-2023/trabalhos/casca-de-cafe-organico-um-estudo-de-metodos-de-obtencao-de-polifenois-extraiveis?lang=pt-br>>. Acesso em: 30 Set. 2024.

MARQUES, F. M. **Folha de Ipomea batatas (L.) Lam como fonte de nutrientes e compostos bioativos**. 2023. Tese (Doutorado em Qualidade e Segurança Alimentar). Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança. 2023.

MIHAYLOVA, D.; DIMITROVA-DIMOVA, M.; POPOVA, A. Dietary Phenolic Compounds—Wellbeing and Perspective Applications. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 9, p. 4769, 2024.

MIRANDA, J. E. C. Batata-doce. Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/cultivares/batatadoce.htm>>. Acesso em 11 de junho de 2023.

MIRANDA, J.E.C.; FRANÇA, F.H.; CARRIJO, O.A.; SOUZA, A.F.; PEREIRA, W.; LOPES, C.A.; DILVA, J.B.C. Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). 2 ed. Brasília: EMBRAPA/ CNPH, 19 p. 1989.

MODANEZ, L. **Aceitação de alimentos irradiados: uma questão de educação**. 2012. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MOURA, B. A.; SANTOS, A. C.; BARROS, S. K. A.; ARTHUR, V.; SOUZA, A. R. M.; SILVEIRA, M. F. A. Aplicação tecnológica de fécula de açafrão (*Curcuma Longa* L.) irradiada. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e24091211103-e24091211103, 2020.

MOURA, I. O.; SANTANA, C. C.; LOURENÇO, Y. R. F.; SOUZA, M. F.; SILVA, A. R. S. T.; DOLABELLA, S. S.; OLIVEIRA E SILVA, A. M.; OLIVEIRA T. B.; DUARTE, M. C.; FARAONI, A. S. Chemical characterization, antioxidant activity and cytotoxicity of the unconventional food plants: sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) leaf, major gomes

(*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.) and caruru (*Amaranthus deflexus* L.). **Waste and Biomass Valorization**, v. 12, p. 2407-2431, 2021.

MU, T.; SUN, H. Sweet potato leaf polyphenols: preparation, individual phenolic compound composition and antioxidant activity. **Polyphenols in Plants**. Academic Press, 2019. p. 365-380.

UNIMED. Multicolorida: Conheça os benefícios da batata-doce. Disponível em: <<https://www.unimed.coop.br/viver-bem/alimentacao/multicolorida-conheca-os-beneficios-da-batata-doce>>. Acesso em: 15 out. 2024.

NAGAI, M.; TANI, M.; KISHIMOTO, Y.; IIZUKA, M.; SAITA, E.; TOYOZAKI, M.; KONDO, K. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves suppressed oxidation of low density lipoprotein (LDL) in vitro and in human subjects. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition**, v. 48, n. 3, p. 203-208, 2011.

NAGAMINE, R.; UENO, S.; TSUBATA, M.; YAMAGUCHI, K.; TAKAGAKI, K.; HIRA, T.; TSUDA, T. Dietary sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaf extract attenuates hyperglycaemia by enhancing the secretion of glucagon-like peptide-1 (GLP-1). **Food & Function**, v. 5, n. 9, p. 2309-2316, 2014.

NGUYEN, H. C.; CHEN, C. C.; LIN, K. H.; CHAO, P. Y.; LIN, H. H.; & HUANG, M. Y. Bioactive compounds, antioxidants, and health benefits of sweet potato leaves. **Molecules**, v. 26, n. 7, p. 1820, 2021.

NKONGHO, G. O.; ACHIDI, A. U.; NTONIFOR, N. N.; NUMFOR, F. A.; DINGHA, B. N.; JACKAI, L. E.; BONSI, C. K. Sweet potatoes in Cameroon: Nutritional profile of leaves and their potential new use in local foods. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 18, p. 1371-1377, 2014.

MORAES, M. B. F.; COSTA, D. M.; ROSA, W. Características produtivas de ramas e raízes de batata-doce usadas como co-produto na cadeia produtiva do etanol. **Anais do Congresso Brasileiro de Agroenergia**, 2016.

OLOWU, A. O.; ADENEYE, A. A.; ADEYEMI, O. O. Hypoglycaemic effect of *Ipomoea batatas* aqueous leaf and stem extract in normal and streptozotocin-induced hyperglycaemic rats. **Journal of Natural Pharmaceuticals**, v. 2, n. 2, p. 56-61, 2011.

PARVEEN, A.; CHOI, S.; KANG, J. H.; OH, S. H.; & KIM, S. Y. Trifostigmanoside I, an active compound from sweet potato, restores the activity of MUC2 and protects the tight junctions through PKC α/β to maintain intestinal barrier function. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 1, p. 291, 2020.

PEREDA, J.A.O.; RODRIGUEZ, M.I.C.; ÁLVAREZ, L.F.; SANZ, M.L.G.; MINGUILLÓN, G.D.G.F.; PERALES, L.H.; CORTECERO, M.D.S. Tecnologia de Alimentos -Componentes dos Alimentos e Processos. Porto Alegre. **Artmed**.2005.

PEREIRA, C.; CALHELHA, R. C.; ANTONIO, A. L.; QUEIROZ, M. J. R. P.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. F. R. Effects of gamma radiation on chemical and antioxidant properties,

antihepatocellular carcinoma activity and hepatotoxicity of borututu. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 26, p. 271-277, 2014.

PÉREZ, Monica B.; CALDERON, Natalia L.; CROCI, Clara A. Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). **Food chemistry**, v. 104, n. 2, p. 585-592, 2007.

PINELA, J.; BARROS, L.; BARREIRA, J. C.; CARVALHO, A. M.; OLIVEIRA, M. B. P.; SANTOS-BUELGA, C.; FERREIRA, I. C. Postharvest changes in the phenolic profile of watercress induced by post-packaging irradiation and modified atmosphere packaging. **Food Chemistry**, v. 254, p. 70-77, 2018.

QUEIROZ, E. R. **Frações de lichia: caracterização química e avaliação de compostos bioativos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

ROCHA, R. R.; INOUE, T. Y.; DIPPLE, F. L. Batata-doce: Consumo em alta. In: **Batata-doce: Consumo em alta**. Revista Campo e Negócios, 4 set. 2020. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/batata-doce-consumo-em-alta/>. Acesso em: 10 mar. 2023.

RODRIGUES, A. M. G.; MUZITANO, M. F. Acidente vascular encefálico: flavonoides como possível estratégia neuroprotetora. **Biológicas & Saúde**, v. 2, n. 4, 2012.

ROESLER, P. V. S. D. O.; GOMES, S. D.; MORO, E.; KUMMER, A. C. B.; CEREDA, M. P. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no oeste do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 117-122, 2008.

SALASAR, T.C.C.O. **Avaliação fitoquímica e antioxidante do extrato hidroetanólico da folha da batata-doce [ipomoea batatas (L.) lam]**. 2018. Dissertação (Mestrado em Atenção Integral à Saúde) - Universidade de Cruz Alta - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Cruz Alta, 2018.

SALASAR, T.; HORN, R.; GOLLE, D. P.; ZAMBERLAN, J. F. Propriedades nutricionais e benefícios do consumo da polpa e folha de batata-doce. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 55, n. 4, 2019.

SANTOS, B. L. O. Uso da temática de plantas medicinais como recurso de contextualização no ensino de química. 2024. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Química-Licenciatura) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2024.

SILVA, J.; PEREIRA, M. Radiólise e os efeitos da radiação em alimentos. **Revista de Ciências Alimentícias**, v. 12, n. 2, p. 200-210, 2024. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/download/30501/20117/115781>. Acesso em: 16 jan. 2025.

SEIXAS, A.; CRUZ, R.; TEIXEIRA, K. L.; SANTOS, L. F. P.; OTERO, D. Avaliação do potencial antioxidante do cambuci. In: Anais do 15º SLACAN - simpósio latino americano de ciência de alimentos e nutrição, 2023, Campinas. **Anais eletrônicos**. Campinas, Galoá, 2023. Disponível em: <<https://proceedings.science/slacan-2023/trabalhos/avaliacao-do-potencial-antioxidante-do-cambuci?lang=pt-br>>. Acesso em: 30 Set. 2024.

SHI, D.; YIN, C.; FAN, X.; YAO, F.; QIAO, Y.; XUE, S.; LU Q.; FENG C.; MENG J. GAO, H--. Effects of ultrasound and gamma irradiation on quality maintenance of fresh *Lentinula edodes* during cold storage. **Food Chemistry**, v. 373, p. 131478, 2022.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A. MAGALHÃES J.S. A cultura da batata-doce. ISSN 1678-880X Versão Eletrônica. **Embrapa Hortaliças**. Brasília. Junho, 2008. Disponível em <<https://www.embrapa.br/hortalicas/batata-doce/composicao>>. Acesso em 10 de maiode 2023.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; DE ARRUDA SILVEIRA, N. F.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. Editora Blucher, 2017.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOUZA, M. R. Avaliação fitoquímica e antioxidante do extrato hidroetanólico da folha de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam). **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 41, n. 1, p. 1-9, 2020.

SUÁREZ, S.; MU, T.; SUN, H.; AÑÓN, M. C. Antioxidant activity, nutritional, and phenolic composition of sweet potato leaves as affected by harvesting period. **International Journal of Food Properties**, v. 23, n. 1, p. 178-188, 2020.

SUN, H.; MU, T.; XI, L.; ZHANG, M.; CHEN, J. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. **Food Chemistry**, v. 156, p. 380-389, 2014.

TAHERI, S.; ABDULLAH, T. L.; KARIMI, E.; OSKOEI, E.; EBRAHIMI, M. Antioxidant capacities and total phenolic contents enhancement with acute gamma irradiation in *Curcuma alismatifolia* (Zingiberaceae) leaves. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 15, n. 7, p. 13077-13090, 2014.

TANG, C. C.; AMEEN, A.; FANG, B. P.; LIAO, M. H.; CHEN, J. Y.; HUANG, L. F.; WANG, Z. Y. Nutritional composition and health benefits of leaf-vegetable sweet potato in South China. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 96, p. 103714, 2021.

TEZOTTO-ULIANA, J. V.; DA SILVA, P. P.; KLUGE, R. A.; SPOTO, M. H. F. Radiação Gama em Alimentos de Origem Vegetal. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 267-277, 2015.

TRUONG, V. D.; MCFEETERS, R. F.; THOMPSON, R. T.; DEAN, L. L.; SHOFER, B. R. I. A. N.. Phenolic acid content and composition in leaves and roots of common commercial sweetpotato (*Ipomea batatas* L.) cultivars in the United States. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 6, p. C343-C349, 2007.

WANG, S.; NIE, S.; ZHU, F. Chemical constituents and health effects of sweet potato. **Food Research International**, v. 89, p. 90-116, 2016.

WILLIAMS, R. D.; OLMSTED, W. H. A biochemical method for determining indigestible residue (crude fiber) in feces: lignin, cellulose, and non-water-soluble hemicelluloses. **Journal of Biological Chemistry**, v. 108, p. 653-666, 1935.

ZENGİN, G.; LOCATELLI, M.; STEFANUCCI, A.; MACEDONIO, G.; NOVELLINO, E.; MIRZAI, S.; MOLLICA, A. Chemical characterization, antioxidant properties, anti-inflammatory activity, and enzyme inhibition of *Ipomoea batatas* L. leaf extracts. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. sup2, p. 1907-1919, 2017.

ZHANG, C.; LIU, D.; WU, L.; ZHANG, J.; LI, X.; WU, W. Chemical characterization and antioxidant properties of ethanolic extract and its fractions from sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. **Foods**, v. 9, n. 1, p. 15, 2019.

ZHANG, M.; HUANG, T.; MU, T. Production and in vitro gastrointestinal digestion of antioxidant peptides from enzymatic hydrolysates of sweet potato protein affected by pretreatment. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 74, p. 225-231, 2019.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food chemistry**, v. 64, n. 4, p. 555-559, 1999.